

충남환경보건열린포럼

구성·운영

2018.12.31.



제 출 문

충청남도지사 귀하

본 보고서를 “충남환경보건열린포럼 구성·운영” 사업의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 12.



원장 윤 황

차 례

제1장 연구 배경 및 필요성	1
1. 지역이 주체가 되는 환경보건정책 필요	1
2. 충청남도 환경보건현황 등 지역여건	1
3. 충청남도의 환경보건 이슈와 환경보건정책 추진을 위한 민관 협치 및 중앙과 지방정부의 협업 필요	2
제2장 연구 목적	2
제3장 연구 내용 및 방법	3
1. 2018년 핵심주제 선정	3
2. 「운영위원회」 구성·운영	3
3. 「충남환경보건열림포럼」 정기 워크숍 개최	4
4. 자료집 및 활동성과물(최종보고서) 제작	4
제4장 연구 결과	7
1. 운영위원회 개최	7
2. 워크숍 개최	14
제5장 연구 성과 및 향후과제	41
1. 연구 성과	41
2. 연구 한계 및 향후과제	43
부록. 워크숍 발표자료	45

제1장 연구 배경 및 필요성

1. 지역이 주체가 되는 환경보건정책 필요

- 환경보건 문제는 인구학적·지리학적·사회경제적 특성과 환경보건 위해인자의 발생 특성에 따라 다른 양상으로 나타날 수 있음
- 따라서 궁극적으로 지역에서 발생하는 환경보건 문제 해결을 위한 실행주체는 지역사회가 되어야 함
- 미국은 2005년부터 지역사회 특성에 기반한 환경문제를 해결하기 위해 CARE(Community Action for Renewed Environment) 프로그램을 운영하고 있으며, 국내에서도 지역이 주체가 되어 환경보건문제를 해결해야 한다는 지적들이 있어 왔음

2. 충청남도 환경보건현황 등 지역여건

- 충남은 지질학적 특성에 의한 환경오염 노출과 석탄화력발전소, 석유화학단지, 제철·철강업체 등의 대형 환경오염 취약시설로 인해 주민들의 건강피해 우려가 높은 실정임
- 자연발생석면, 라돈, 빛 공해 등 새로운 환경보건정책 현안도 대두되고 있음
- 충남은 이러한 지역적 여건을 해결하기 위해 2014년에 「충남 환경보건조례」를 제정하고 환경보건정책의 로드맵인 「환경보건종합계획(2017~2020)」을 수립하였음

3. 충청남도의 환경보건 이슈와 환경보건정책 추진을 위한 민관 협치 및 중앙과 지방정부의 협업 필요

- 충남의 환경보건정책에 대한 폭넓은 의견수렴과 발전방향 정립을 위한 논의
 - 「충남 환경보건종합계획(2017~2020)」을 기반으로 세부적인 사업들이 진행되고 있으며 이에 대한 지속적 지원 방안 필요
- 환경보건 관련 정보 공유 및 환경보건 이슈에 대한 대안 마련을 위한 토론의 장
- 중앙정부와 지방정부와의 연계 협력 방안 모색
- 충남의 환경보건정책 추진을 위한 민·관·산·학·연 분야의 연결고리 역할 필요

제2장 연구 목적

- 다학제간(환경보건학, 환경공학 등) 전문가 및 공무원, 시민단체, 기업 등의 이해관계자 네트워크 구축
- 충남의 환경보건 현안 대응 및 환경보건정책 추진을 위한 민관 협치와 중앙정부-지방정부와의 연계 방안 모색
- 「충남 환경보건종합계획(2017~2020)」 추진의 지속적 자문체계 구축
- 다양한 전문가와 환경보건행정 연계로 충남의 환경보건정책의 내실화 도모

제3장 연구 내용 및 방법

1. 2018년 핵심주제 선정

- 충남의 환경보건 현황 및 대응정책에 따른 시급성, 중요성, 파급성을 고려하여 2018년 환경보건정책 지원을 위한 핵심 주제를 선정
 - 미세먼지, 석면, 라돈 등에서 가장 시급한 현안인 라돈에 대한 주제를 운영위원회 회의를 통해 선정

2. 「운영위원회」 구성·운영

- 포럼의 원활한 진행을 위해 운영위원회를 구성하고 회의 개최
 - 포럼의 주제 및 진행 방식, 2019년 방향 등을 논의(2회 개최)
 - 9명의 공무원, 학계, 연구기관, NGO로 구성

표 1. 2018년 운영위원회 명단

분야	명단
공무원	안재수(충남도청 기후환경녹지국 환경보건과 과장)
학계	권호장(단국대학교 의과대학 예방의학과 교수)
	이종대(순천향대학교 환경보건과 교수)
	송석환(증부대학교 교수)
	노열(전남대학교 교수)
연구기관	신용승(한국환경정책평가연구원 사회환경연구부 선임연구위원)
	명형남(충남연구원 환경생태연구부 책임연구원)
NGO	이평주(충남지속가능발전협의회 사무처장)
	서상옥(천안아산 환경연합운동연합 처장)

3. 「충남환경보건열린포럼」 정기 워크숍 개최

- 2018년 충남환경보건열린포럼의 워크숍은 충청권의 지역 환경보건 현안 공유 및 협업 방안 논의, 라돈 등 생활방사선 노출 저감을 위한 충남의 정책과제를 모색하기 위해 <표 2>와 같이 총 4회 개최
 - 충청권 보건소장 환경보건워크숍
 - 라돈의 현황과 충남의 대응방향
 - 라돈 잠재지도, 충남의 적용방안
 - 라돈 노출저감을 위한 충남의 정책과제

4. 자료집 및 활동성과물(최종보고서) 제작

- 2018년 충남환경보건열린포럼의 총 4회 워크숍 개최 시에 각각 자료집을 제작하여 배포
- 2018년 충남환경보건열린포럼의 최종활동 성과물을 정리하여 최종보고서를 작성

표 2. 2018년 충남환경보건열린포럼 워크숍 개요

구분	주제	참석자	내용
1	충청권 보건소장 환경보건워크숍	충청권보건소, 충남도청, 환경부, 단국대학교, 태안환경보건센터, 충남연구원, 공주 환경성건강센터 등	- 충청권 지역의 환경보건 현안 공유 - 환경성건강센터 등 환경보건업무에 대한 소개 - 향후 보건소에서 진행 가능한 환경보건사업 및 협업방안 논의 등
2	라돈의 현황과 충남의 대응방향	한국원자력안전기술원, 환경부, 충남도청, 충남연구원, 라돈위해성평가연구센터, 전남대 석면환경센터, 충남교육청, 씨앤티치아이앤씨, 순천향대, 충남 환경운동연합 등	- 라돈 등 생활방사선이 인체에 미치는 영향 및 해외사례 - 실내라돈관리대책 및 향후방안 - 실내라돈 인체위해성 평가 연구 사례 발표 - 라돈의 측정 및 저감 시공방안 사례 발표 - 충남의 라돈 건강피해를 줄이기 위한 대응방향 모색 등
3	라돈 잠재지도, 충남의 적용방안	전남대, 부산가톨릭대학교, EHS기술연구소, 충남도청, 충남연구원, 단국의대, 순천향대, 충남 환경운동연합 등	- 충남의 라돈과 토양 현황 - 라돈 잠재지도 관련 국내·외 정책 및 연구 사례 검토 - 충남의 라돈잠재지도 적용 방안 도출 등
4	라돈 노출저감을 위한 충남의 정책 과제	환경부, 충남도청, 충남연구원, 단국대학교, 전남대학교, 충남환경운동연합 등	- 라돈의 분포 및 관리 현황 - 라돈 노출 저감을 위한 충남의 정책과제 제언 및 논의

사업추진 체계

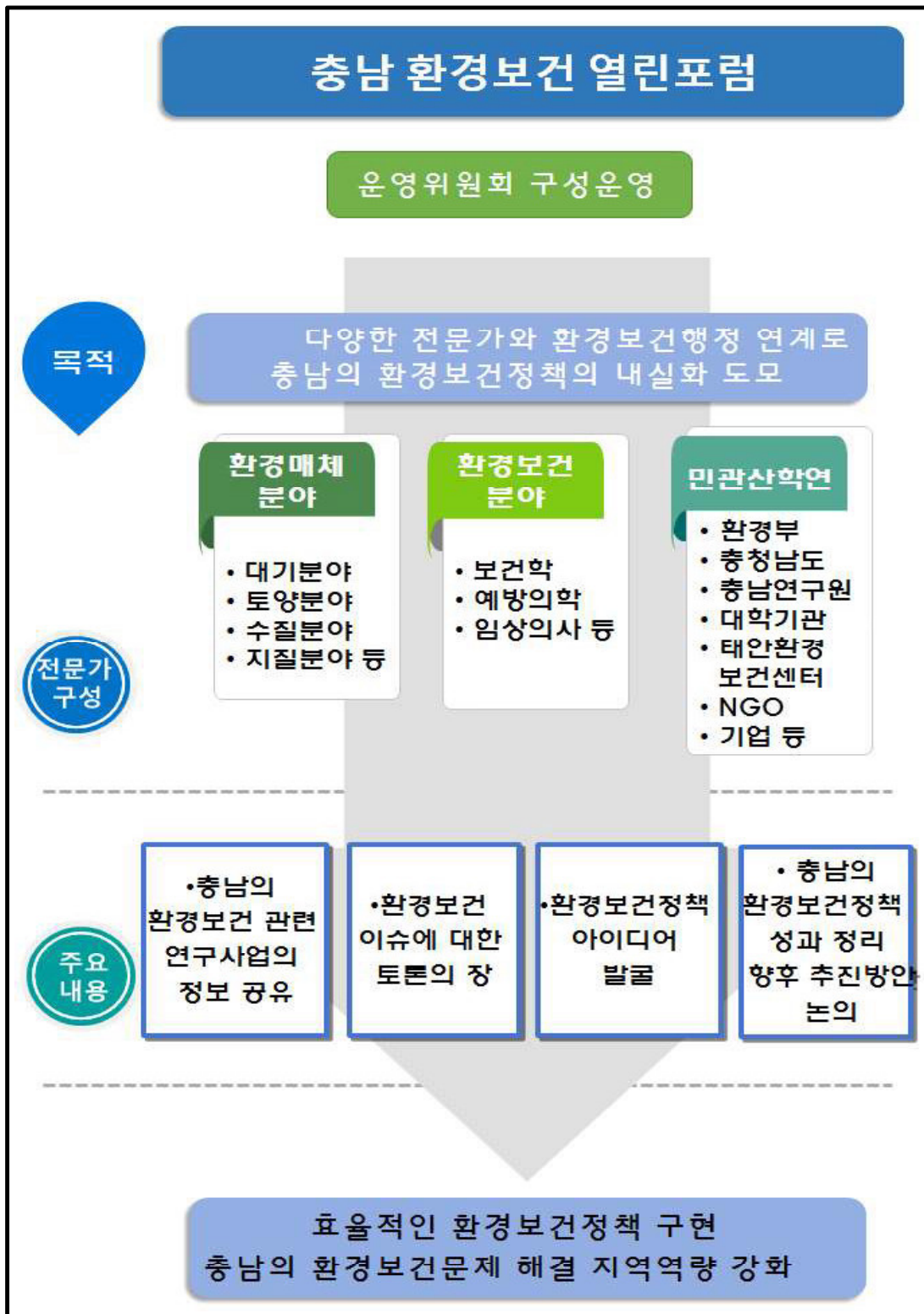


그림 1. 충남 환경보건열린포럼 사업추진체계

제4장 연구 결과

1. 운영위원회 개최

2018년 「충남환경보건열린포럼」 제1차 운영위원회 회의

□ 제1차 운영위원회 회의 개요

- 일 시 : 2018. 3. 28.(수) 12:00
- 장 소 : 충남연구원 1층 대회의실
- 참 석 : 11명
 - 충남도(2) : 이봉재 팀장, 손장희 주무관
 - 학계(3) : 단국대학교 권호장 교수, 순천향대학교 이종대 교수, 중부대학교 송석환 교수
 - 연구기관(4) : 환경정책평가연구원 신용승 선임연구위원, 충남연구원 명형남 책임연구위원, 김정아 연구원, 박현진 연구원
 - NGO(2) : 충남지속가능발전협의회 이평주 사무국장, 충남 환경운동연합 서상옥 사무국장
- 주요내용
 - 환경보건열린포럼 사업개요 설명
 - 2018년 핵심주제 선정
 - 진행방안 논의 등

제1차 운영위원회 회의 내용

1) 2018년 충남환경보건열린포럼 사업 개요 설명

- 포럼의 원활한 진행을 위해 운영위원회를 구성
- 「충남 환경보건 열린포럼」 정기 토론회 개최
- 「충남도민과 함께하는 환경보건 현장토크」 개최
- ※ 포럼의 성격에 따른 목적·내용·진행방식이 연계되어 결정되므로 먼저 포럼의 성격에 대해 논의할 것을 운영위원회 위원분들께 요청

2) 충남환경보건열린포럼의 성격(위상)

- 중앙정부(환경부)는 올해 내에 「환경보건법」을 개정할 계획임
: 지자체 환경보건종합계획의 법정화
: 지자체 환경보건위원회 구성·운영의 법정화(현재 중앙정부만 있음)
- 향후 충남환경보건열린포럼이 충남 환경보건위원회(충남의 환경보건정책 자문, 정책의 우선순위 결정, 환경보건종합계획의 이행평가 등)의 역할을 할 수 있는 형태의 사전단계로 진행되는 것이 필요
- 향후 환경보건위원회가 발족되면 공적 지위 및 소속감과 책임감을 느낄 수 있도록 위촉식도 하고, 위원 구성도 정책을 결정할 수 있는 행정단위의 위원을 추가하는 것도 필요
- 현재에는 실무적 차원에서 충남의 환경보건정책방향과 연구 등에 대해 민관 협치 및 중앙정부·지방정부의 연계방안 등에 대해 협업하고, 향후 환경보건위원회 수준의 발전적인 내용을 실현할 수 있도록 단계적으로 노력해야 함

3) 2018년 핵심주제 선정

- 도민에게 실질적인 건강영향을 제시해 주는 시스템이 필요함. 예를 들면 뉴스를 통한 미세먼지로 인한 호흡기질환 주의 등. 필요하다면 동물실험, 해외데이터 등을 수집하여 과학적인 자료 기반의 시스템을 구축
- 충남도는 지질학적으로 남측은 옥천대, 북측은 경기육계로 구성되어

지역 간 자연환경이 매우 상이함. 지질특성은 많은 영향이 있을 수 있으므로 라돈과 석면의 지역별 자연발생 특성을 고려하여 포럼 주제를 선정

- 전국적으로 관심이 높고 문제가 되는 미세먼지 주제보다는, 충남도의 특이적이고 중앙정부 및 다른 지자체에서 접근이 미미한 주제를 선정하는 것이 좋겠음
- 수행중인 과제 중심으로 제한하지 않고, 과제 밖에서 접근하여 해결방안 등을 토론하는 것이 적절함. 내년에 어떤 이슈가 될 수 있을지 탐색하면서 동시에 정책반영 및 주민에게 홍보/지침이 가능하도록 하는 것이 필요
- 예를 들면, 라돈저감 정책으로 인한 장기적인 건강효과 및 비용편익분석 등을 기반으로 정책을 제안하는 것
- 석탄화력은 유의미한 건강 악영향 결과가 나올 경우, 조치를 취할 수 있는 여건이 있다는 점에서 매력적인 주제임. 발전세에 대한 논의와 함께 정책화 할 수 있는 여지가 있음. 하지만 이미 충남도에서 여러방향으로 접근하고 있기 때문에 건강영향 부문을 특화하여 녹여내야 함
- 오염원의 소스를 규명하는 것도 중요함. 석면의 경우 국립환경과학원에서 조사한 데이터가 있지만, 건축물은 실내환경팀에서 토양은 토양지하수팀에서 주관하고 있기 때문에 데이터 공유가 안됨. 도차원의 자료 협조요청을 시도해야 함
- 미세먼지의 자동측정망 확장 등 데이터에 대한 이야기도 관계 기관과 공유해봄직한 주제임. 보건환경연구원에서 정도관리 후 자료추출 점검에 있음
- 충남의 특성화된 현안이고 중앙정부와 협업 및 매칭 가능성이 높은 라돈이 2018년 포럼의 가장 적합한 주제로 결정

4) 진행방안 논의

- 포럼의 횟수는 연간 2-4회로 조정 가능. 일회성 포럼보다는 한 가지 주제로 집중적으로 연속 토론회를 개최하여 연말에는 현실적인 대안이 나올 수 있도록 준비

□ 제1차 운영위원회 회의 사진



2018년 「충남환경보건열린포럼」 제2차 운영위원회 회의

제2차 운영위원회 회의 개요

- 일 시 : 2018. 12. 28.(금) 11:20
- 장 소 : 충남연구원 1층 대회의실
- 참 석 : 10명
 - 충청남도(3) : 이봉재 환경보건팀장, 손장희 주무관, 김은영 주무관
 - 정부기관(1) : 환경부 환경보건정책과 김준호 사무관
 - 학계(2) : 단국대학교 권호장 교수, 전남대학교 노열 교수
 - 연구기관(3) : 충남연구원 명형남 책임연구원, 김정아 연구원, 박현진 연구원
 - NGO(1) : 충남환경운동연합 서상옥 사무처장
- 주요내용
 - 2019년 환경보건열린포럼 방향
 - 2019년 환경보건열린포럼 주제 논의 등

2019년 환경보건열린포럼 방향 및 주제 논의

1) 해외 선진사례 견학

- 해외견학은 취지와 적절성 등을 충남도 내에서 심의 후 가능여부가 결정됨
- 2019년 9월 미국(덴버)에서 라돈관리학회가 개최됨. 덴버 또는 유럽(영국, 스웨덴, 체코 등) 지역은 우리나라와 비슷한 화강암지대로 선진견학지로 추천하며 라돈 관리방안에 대한 견문을 넓힐 수 있음

2) 환경보건 컨퍼런스 개최

- 환경보건 유관부서 및 관계자들이 한자리에 모이는 자리를 마련하는 것은 의미가 있음. 지금까지 충남도가 선도적으로 수행해 온 환경보건적 성과를 담아내면 도지사 등 관계자의 환경보건 인식을 높이는 교육의 일환으로도 좋은 계획이라고 생각됨
- 국제행사로 진행하면 준비가 만만치 않을 것임. 국제행사는 환경보건 열린포럼이 5차년 정도 진행되었을 때 개최하는 방법 고려

3) 환경보건이슈 선정 및 연속 워크숍 개최

- 2019년 연속워크숍 주제 추천
 - ▶ 난개발(천안, 아산 등) 문제
 - ▶ 화력발전소와 미세먼지(그에 따른 건강영향, 사회적 비용 등) 문제
 - ▶ 가뭄대책을 위한 상수원 수질 확보
 - ▶ 살충제 계란 문제
 - ▶ 폐의약품(하수처리장의 항생제 성분 발견) 문제
 - ▶ 약취(암모니아 등) 문제

□ 제2차 운영위원회 회의 사진



2. 워크숍 개최

- 2018년 제1차 충남환경보건열린포럼 - **충청권 보건소장 환경보건 워크숍**

□ 제1차 워크숍 개요

○ 일 시 : 2018. 4. 27.(금) 14:00

○ 장 소 : 충남연구원 4층 대회의실

○ 배경 및 목적

- 충청남도는 전국 지자체 최초로 「환경보건조례」 제정과 「환경보건종합계획」을 수립하고, ‘환경보건’ 전담팀이 있어 관련 정책을 충남도내 연구기관, 학계, 환경보건센터 등과 협력하여 추진하고 있음
- 최근에는 충남 공주시에 ‘중부권환경성건강센터’가 건립되는 등 관련 인프라가 확대되고 있음에 따라, 지역 환경보건 현안을 공유하고 기관들의 협력과 공동대응이 필요한 시점임
- 이에 충청권(충남·대전·세종) 보건소장을 대상으로 환경보건업무에 대한 소개와 환경성건강센터 등 보건소에서 진행 할 수 있는 환경보건 사업(조사, 서비스) 등에 대해 논의하는 자리를 마련

○ 주요내용

- 충청권 지역의 환경보건 현안 공유
- 환경성건강센터 등 환경보건업무에 대한 소개
- 향후 보건소에서 진행 가능한 환경보건사업에 대한 논의

○ 참 석 : 22명

- 충청권 보건소(11) : 대전광역시 동구보건소 김기성 소장, 세종특별자치시 보건소 이강산 소장, 천안시 서북구 보건소 조만호 소장, 천안시 동남구 보건소 김영애 소장, 공주시 보건소 신현정 소장, 계룡시 보건소 임채희 소장, 당진시 보건소 한상원 소장, 금산군 보건소 이화영 소장, 부여군 보건소 김갑수 과장, 청양군 보건소 김성진 과장, 논산시 보건소 이해란 팀장
- 충청남도(2) : 이봉재 팀장, 손장희 주무관
- 환경부(1) : 환경보건정책과 김준호 사무관
- 학계(1) : 단국대학교 권호장 교수
- 연구기관(5) : 태안환경보건센터 박명숙 연구팀장, 이승화 사무국장, 충남연구원 명형남 책임연구원, 김정아 연구원, 박현진 연구원
- 공주 환경성 건강센터(2) : 이한언 팀장, 황복선 주무관

○ 진행순서

14:10~14:30 (20분)	[기조발제] 환경과 건강	권호장 (단국대 의과대학 교수)
14:30~14:40 (10분)	[발표1] 환경보건 정책의 이해	김준호 (환경부 환경보건정책과)
14:40~14:50 (10분)	[발표2] 충청권 환경문제와 환경보건정책	명형남 (충남연구원 책임연구원)
14:50~15:00 (10분)	[발표3] 공주 환경성 건강센터	신현정 (공주시 보건소 소장)
15:00~15:10 (10분)	[발표4] 유류피해지역주민 건강영향조사	박명숙 (태안환경보건센터 팀장)
15:10~15:20 (10분)	[발표5] 충남의 환경여건과 주요 정책사업 추진	이봉재 (충남도청 환경보건팀장)
15:20~15:30 (10분)	휴식	
15:30~16:25 (55분)	[종합토론] 좌장 (권호장 교수)	

□ 제1차 워크숍 종합토론 내용

1) 충청권 환경보건 현안 및 대응

- 경계를 허무는 환경보건 체계가 중요해졌고 앞으로 더욱 부각될 것임. 원 헬스(One Health) 개념을 정착시키고 해결하기 위해서는 각 분야의 전문가들이 힘을 합쳐야 함
- 보건분야의 범위가 확대되고 있음. 금산군의 경우 초등 및 중등 안심센터로 마을을 조성하고 있는데, 부모들이 아토피 등 환경성질환에 이미 박식하여 대상자에 맞는 다양한 콘텐츠를 개발해야 함
- 현실과 이상 사이의 간극을 좁히고 주민생활에 반영하고자 각계 전문가들이 끊임없이 노력 중임. 10년 전에는 환경보건이라는 개념이나 담당조직도 없었지만, 오늘날 이러한 모임을 갖고 논의하는 것도 발전해 나가는 단계임

2) 보건소의 환경보건사업에 대한 논의

- 공무원의 직렬간 벽이 존재하기 때문에 보건소 및 지자체의 노력만으로는 할 수 없음. 조직이 기반이 되어야 하는 사안으로 중앙정부의 역할이 중요하다고 봄
- 지자체에서 특정 사업을 진행할 때 사소한 것부터 조례 개정이 필요하여 추진하는데 어려움이 있음. 환경보건사업의 필요성은 인정하지만 현실적으로 와 닿지 않음
- 국가 차원의 사업을 할 때 중앙정부에서 기반단계 이후에 운영 예산은 지원하지 않음. 인력지원이 없기 때문에 조직적으로 일을 하는데 한계가 있음. 특히 보건직렬의 경우 업무로딩이 상대적으로 큼
- 대국민 서비스 사업은 재원과 인력이 중요한데 보건소에 이미 대민업무로 숙련된 상담가 및 전문가들을 활용하고 적극적으로 협력하는 것이 중앙정부에서 새로운 인력을 교육시키는 것보다 사업을 이끄는 데

효율적일 수 있음

- 현재 환경부에서는 전 지역 보건소의 협업을 통해 환경과 보건을 융합시키는 모델을 모색하고 있음. 중앙정부의 경우 수많은 현안들 중 우선순위에 따라 집행되기 때문에 각 분야 전문가 입장에서는 받아들이기 어려울 수 있음
- 관련 법 개정이 시행되면 환경성질환 예방관리센터의 운용비용을 내년부터는 환경부에서 일부 지원할 수 있을 것으로 기대하고 있음. 법적 근거를 바탕으로 관련 지원에 대해 노력할 것
- 추가인력 배치 등 안건에 대해 지자체에서 행정자치부에 접근하는 것은 거의 불가능함. 예로 천안시에서 메르스 감염대응 TF팀 유치에 실패 경험 있음. 또한 정규직과 비정규직의 인력정원 문제도 늘 존재함
- 조직개편을 통해 본인의 업무영역을 재설계할 필요 있음. 또한 시범사업을 통해 행자부에 인력배치의 당위성을 건의할 수 있도록 근거자료를 획득하면 향후 환경보건 분야가 자리 잡고 성과를 내는 것이 가능
- 지자체의 잉여인력을 조사가 철저히 이루어져야 함. 보건직렬의 경우, 현 정부의 “자살, 치매, 정신” 부분 강화로 각 1명씩 담당하고 있지만 대부분 여성으로 출산육아휴직 및 임신부 조기퇴근으로 실제 사업진행에 애로사항이 많음. 환경직군 등의 추가 인력배치가 필요함
- 책임의식을 갖는 것이 중요함. 보건분야의 패러다임 변화가 필요하며 전국 250여개 보건소에서 효과적으로 예산을 운용한다면 환경보건적으로 주요 영역에서 성과를 발휘할 수 있을 것임

3) 기타 논의사항

- 환경부 및 충남도 내 환경문제 회의에 보건소장 및 보건분야 담당 공무원도 참석하여 현안을 공유해야 함. 환경보건적 문제가 급부상하고 있는 만큼 국민에게 맞춤형 사업을 제공해야 함

- 지자체 중에서 환경보건 담당조직이 구성되어 있으며, 선도적인 역할을 하고 있는 충청남도에서 이러한 논의의 장이 마련되었다는 것은 큰 의미가 있음. 본 워크숍이 중부권 환경성 건강센터의 콘텐츠 개발 및 발전에 도움이 되길 바람

□ 제1차 워크숍 사진



- 2018년 제2차 충남환경보건열린포럼 - 라돈의 현황과 충남의 대응방향

□ 제2차 워크숍 개요

○ 일 시 : 2018. 7. 11.(수) 15:00

○ 장 소 : 충남연구원 1층 대회의실

○ 배경 및 목적

- 라돈(Rn)은 암석이나 토양 등에 존재하는 우라늄이 몇 차례 붕괴를 거치는 과정에서 생성되는 기체로 어디에나 존재하는 자연방사성 물질이지만, 호흡을 통해 인체에 흡입된 라돈은 알파선을 방출하여 폐 조직을 파괴하는 등 폐암을 일으키는 1급 발암물질임
- 세계보건기구(WHO)는 전 세계 폐암 발생률의 약 3~14%의 원인을 라돈이 차지한다고 지목하였고, 흡연에 이은 폐암 발병 주요원인물질로 규정하였음
- 강원도, 충청권, 전라권 등은 화강암·편마암 지질대 또는 옥천단층 지대의 지질학적 특성으로 인해 실내 라돈 농도로 인한 노출 위험이 비교적 높은 지역임
- ▶ 환경부의 전국 주택 실내 라돈 조사결과(2015년~2016년, 겨울철), 충남은 단독주택과 연립·다세대 주택에서 전국 평균에 약간 높았으며 금산군·부여군·서산시·예산군·청양군의 경우 전국 평균 95.4 Bq/m³에 비해 다소 높은 것으로 나타남
- ▶ 2017년 교육부가 전국 학교의 실내 공기질을 측정한 결과, 측정방법과 측정시기 등의 논란은 있지만 충남은 지질학적 특성으로 인해 라돈 기준치인 148.0 Bq/m³을 초과한 학교가 강원 다음으로 전국에서 두 번째로 많았음

- 2018년에는 건축자재뿐만 아니라 모나자이트 등의 천연방사능 물질이 생활제품에 광범위하게 사용된 것이 확인되면서 국내 환경보건학적 중요한 문제로 대두되었음
- 이에 워크숍을 통해 라돈의 최근이슈와 연구 및 사례, 향후 정책방안 등을 살펴보고 라돈 노출에 의한 건강피해를 줄이기 위해 중앙정부와 지방정부의 정책 연계 방안 등을 모색하고자 함

○ 주요내용

- 라돈의 관리 및 정책 관련 현안 공유
- 라돈 인체위해성평가 및 저감 방안 사례 소개
- 정부 및 관련기관의 라돈 대응방향과 관리체계 기반에 대한 논의

○ 참 석 : 16명

- 충청남도(4) : 문경주 기후환경녹지국장, 이봉재 환경보건팀장, 손장희 주무관, 김은영 주무관
- 정부기관(2) : 환경부 환경보건정책과 김준호 사무관, 충남교육청 체육인성건강과 박태규 사무관
- 학계(4) : 단국대학교 권호장 교수, 연세대학교 강대용 교수, 순천향대학교 이종대 교수, 전남대학교 노열 교수
- 연구기관(4) : 한국원자력안전기술연구원 김용재 책임연구원, 충남연구원 명형남 책임연구원, 김정아 연구원, 박현진 연구원
- 산업계(1) : 씨앤에치아이앤씨 이영섭 과장
- NGO(1) : 충남환경운동연합 서상옥 사무처장

○ 진행순서

15:00~15:05	개회 및 참석자 소개	
15:00~15:10	인사말	문경주 (충남도청 기후환경녹지국)
15:10~15:25 (15분)	[주제발표1] 실내 라돈관리에 대한 국제 현황	김용재 (한국원자력안전기술원)
15:25~15:40 (15분)	[주제발표2] 실내 라돈관리 정책의 이해	김준호 (환경부 환경보건정책과)
15:40~15:55 (15분)	[주제발표3] 충남의 라돈 현황 및 대응방향	명형남 (충남연구원)
15:55~16:05	휴식	
16:05~16:20 (15분)	[사례발표1] 실내라돈 인체위해성 평가 연구사례	강대용 (연세대 원주의과대학)
16:20~16:35 (15분)	[사례발표2] 라돈의 측정 및 저감방안 사례	이영섭 (씨앤에치아이앤씨)
16:35~17:35 (60분)	[지정토론 및 종합토론]	
	박태규 (충남교육청 체육인성건강과) 이종대 (순천향대 환경보건학과) 노 열 (전남대 지구환경과학부) 서상옥 (충남환경운동연합)	좌장: 권호장 (단국대 의과대학)
17:35~17:40	종합정리 및 폐회	

□ 제2차 워크숍 종합토론 내용

1) 라돈 측정 분석법 등 정립

- 측정방법 및 장비의 종류가 다양하고 비용과 신뢰도 또한 천차만별인 실정임. 측정분석법에 따른 차이로 오도·오해·불안감이 조성될 우려가 있으므로 국가차원의 일원화가 필요함
- 연구자마다 추구하는 시험법이 다를 수 있지만 환경부의 공정시험법

테두리 안에서 정립이 필요함. 수치에 대한 신뢰가 없으면 다음 단계인 피폭선량 예측, 위해성평가 결과도 믿을 수 없게 됨

- 또한 라돈의 단위가 Bq, mSv, pCi 등 혼재하여 수치에 대한 오해를 일으킬 수 있음. 국민의 이해도 향상을 위해 원안위 주도 하에 단위의 통일된 사용이 이루어져야 함
- 환경부 입장에서 측정 방법 및 장비 정립에 대한 제안은 좋은 생각임. 받아들일 여지가 있지만, 정부와 전문가들만의 결정이 아닌 사회적 합의가 분명 필요한 사안임

2) 라돈의 국가 권고기준 정립

- 피폭량, 폐암발생률 등을 근거로 하여 권고 기준을 설정하는데 현재는 국가마다 다르고 우리나라에서도 다중이용시설과 공동주택, 학교 교사 내의 기준이 달라 혼란을 일으킬 수 있는 상황임
- 국제방사선방호위원회(ICRP)에서는 일반인 선량 한도를 연간 1 mSv로 권고하고 있지만, 나라별로 지질특성이 다르기 때문에 국제기준 내에서 국가상황에 맞추어 국가 권고기준을 설정하고 있음
- 국내 「실내공기질관리법」 내에서 다중이용시설의 라돈관리 권고기준(148 Bq/m^3)과 공동주택(200 Bq/m^3)의 권고기준을 148 Bq/m^3 로 통일하는 것에 대해 현재 논의하고 있음
- 학교의 경우, 「학교보건법」 내에서 유지기준 600 Bq/m^3 로 관리되다가 적용시설을 1층 이하 교실로 하고 기준을 148 Bq/m^3 로 강화하여 시행(2018.5.29. 시행)

3) 충남의 대응방향

- 충청남도에 관리책임이 있는 시설/기관에 먼저 접근하여 라돈실태를 조사하고, 결과를 공개하여 도민의 의견을 수렴하고 불안감을 해소하는 방향으로 진행되어야 할 것임
- 정부에서 수행하였던 정책 중 좋은 결과를 지자체에 전파하는 것도

좋지만, 지자체에서 좋은 사례를 중앙정부에 건의하는 것도 모범적이며 진행속도도 빠를 것으로 예상함. 충청남도에서는 효과성이 입증된 정책을 중앙정부에 역 제안했던 경험이 있기 때문에 라돈에 관련해서도 좋은 사례를 만들 수 있을 것이라 생각함

- 지자체의 라돈 대응 역할에 대해 환경부도 고민 중에 있음. 라돈 측정기 대여서비스를 일부지자체에 하고 있지만, 장비의 신뢰도가 높지 않으며, 라돈과 토론을 구분하지 못하고 측정하면 오히려 왜곡된 결과를 나타낼 수 있음. 또한 라돈 관리계획으로 각 시·도 보건환경연구원에 라돈측정 장비 구입을 일부(50% 등) 지원하는 방안을 모색하고 있음. 충청남도에서 선도적으로 라돈 관리체계를 실행하고자 한다면 먼저 지원하도록 최대한 고려하겠음
- 환경보건 분야에 선구적인 충청남도에서 실내 라돈조사를 통한 자료와 지질특성을 기반으로 라돈잠재지도를 작성할 것을 제안함. 라돈잠재지도를 토대로 고농도 지역에 초기 저감 시설을 설치하면 비용대비 효과가 높을 것이며, 맞춤형 안전관리 매뉴얼을 통해 라돈을 체계적으로 관리할 수 있음

4) D사 라돈침대 외 기타 논의

- 방송에서 라돈의 유해성에 대한 보도가 방영되면서 주민들이 원자력 안전관리위원회 자료를 믿으려 하지 않음. 라돈에 대한 정확한 정보 소통으로 국민들의 불안감을 해소하기 위해서는 미디어를 통한 정보 전달이 가장 효과적임. TV보다는 전문가의 신문 기고 등을 활용할 필요가 있음
- D사 라돈침대 매트리스를 수거·처리하는 과정에서 충청남도의 적극적 개입이 어려운 구조임. 당진, 천안 주민들은 사전에 주민들과 상의하지 않고 중앙정부에서 독단적으로 결정한 부분에 화가 나 있는 상황이며 이 부분에 대해 공식적인 사과를 하고 안전관리에 대한 로드맵을 제시할 것을 요청하고 있음
- 당진, 천안 주민들의 의견에 대해 오늘 발표자로 참석한 한국원자력

안전기술원에서 원자력안전관리위원회에 정확히 전달해 주기를 요청함

- 교육청에서 수행 중인 라돈 재측정 결과가 나오면 대내외적으로 투명하게 발표할 예정임. 하지만 동절기 조사 자료까지 취합하려면 시일이 걸림. 2014년 라돈 실태조사를 통해 충남도 2개 학교에 저감 시설을 설치했지만, 금년도 조사결과에 따라 적극적 저감 조치의 대상 학교가 늘어날 수 있음

5) 향후 일정

- 본 워크숍에서 논의하여 도출되었던 내용을 중심으로 향후 연속 세미나를 진행할 예정임
 - 1) 충청남도의 라돈 관련 현안 문제인 D사 라돈침대 관련해서는 당진·천안지역에서 주민들과 원자력안전위원회 등 담당부처와 같이 포럼을 진행하는 방안을 충청남도와의 상의
 - 2) 충남 실내라돈 고농도지역 및 취약계층을 중심으로 실태조사 저감 방안 마련, 라돈잠재지도 등의 충남차원의 안전관리방안 연구와 사업에 대한 구체적 실행계획 논의
- 충남의 중장기적 정책방안으로 충남지역의 환경보건 현안문제인 석면+라돈+미세먼지를 공기질 차원에서 통합·관리하는 방안에 대한 논의가 필요함

□ 제2차 워크숍 사진



- 2018년 제3차 충남환경보건열린포럼 - 라돈 잠재지도, 충남의 적용 방안

□ 제3차 워크숍 개요

○ 일 시 : 2018. 10. 17.(수) 15:30

○ 장 소 : 충남연구원 1층 대회의실

○ 배경 및 목적

- 라돈(Rn)은 자연방사성 물질이지만, 호흡을 통해 인체에 흡입되면 알파선을 방출하여 폐 조직을 파괴하는 등 폐암을 일으키는 1급 발암물질임(세계보건기구는 라돈을 흡연에 이은 폐암 발병 주요 원인 물질로 규정)
- 충청남도는 화강암·편마암 지질대 또는 옥천단층 지대의 지질학적 특성으로 인해 실내 라돈 농도로 인한 노출 위험이 비교적 높은 지역임
- 이에 충남환경보건열린포럼은 “라돈의 현황과 충남의 대응방향”(7월 11일) 워크숍을 통해 라돈 노출을 최소화하기 위한 방안을 모색하였음
- 도출된 방안을 정책화하기 위해 “라돈 잠재지도, 충남의 적용 방안”이라는 주제로 워크숍을 진행하고자 함

○ 주요내용

- 충남의 라돈과 토양 현황 공유
- 라돈 잠재지도 관련 국내·외 정책 및 연구 사례 검토
- 충남의 라돈잠재지도 적용 방안 도출 등

○ 참 석 : 14명

- 충청남도(3) : 이봉재 환경보건팀장, 손장희 주무관, 김은영 주무관
- 정부기관(2) : 환경부 환경보건정책과 김준호 사무관, 강찬 사무관
- 학계(4) : 전남대학교 노열 교수, 단국대학교 권호장 교수, 을지대학교 서성철 교수, 순천향대학교 이종대 교수
- 연구기관(3) : 충남연구원 명형남 책임연구원, 김정아 연구원, 박현진 연구원
- 산업계(1) : EHS기술연구소 이동현 대표
- NGO(1) : 충남환경운동연합 서상옥 사무처장

○ 진행순서

15:30~15:40	개회 및 참석자 소개	사회: 명형남 (충남연구원)
15:40~16:20 (40분)	[주제발표] 라돈잠재지도 국내·외 현황과 충남의 적용방안	노 열 (전남대학교 지구환경과학부)
16:20~16:30 (10분)	휴 식	
16:30~18:00 (90분)	[지정토론 및 종합토론]	
	서성철 (을지대학교 보건환경안전학과) 이동현 (EHS기술연구소) 김준호 (환경부 환경보건정책과) 이봉재 (충남도청 환경보건팀) 이종대 (순천향대학교 환경보건학과) 서상옥 (충남환경운동연합) 명형남 (충남연구원 환경생태연구부)	좌장: 권호장 (단국대 의과대학)
18:00~18:05	종합정리 및 폐회	

제3차 워크숍 종합토론 내용

1) 라돈 잠재지도

- 라돈 잠재지도는 라돈관리의 첫걸음이자 실태파악을 통해 관리구역을 설정하는 데까지 필수적인 요소이며, 단계적인 접근이 필요함
- 라돈 잠재지도란 지질기반의 지도를 말하며, 또는 지질기반 정보에 실내라돈 농도 정보를 융합한 것을 말하기도 함. 지질기반의 지도가 우선이라고 할 수 있으며, 실내 라돈 정보를 통합하여 더 완성된 상태의 라돈 잠재지도가 됨
- 국립환경과학원에서 실내 라돈 전국 4만 가구를 측정하였음. 시/도별 대상 주택 수 편차가 존재하며, 자료를 읍/면/동 단위를 구별하여 세부 정보로 활용하기에는 부족한 상황임. 영국 웨일즈지역에서 45만 가구의 실내라돈을 측정한 것과 비교하면 심도 있는 라돈 잠재지도를 완성하기 위한 자료로 우리나라의 실내라돈 4만 건 측정은 충분하지 않음. 불충분한 실내 라돈 지도는 오히려 불안감을 조장할 수 있음
- 과학원에서 실내라돈측정의 애로사항(기기 회수율, 겨울 측정, 분석기간 등)이 있으며, 지자체별 입장이 다른 것도 실내 라돈 측정을 확산하는 데에 걸림돌이 되고 있음

2) 라돈 잠재지도 충남의 적용

- 캐나다의 경우 거주지역의 암반 라돈농도가 높으면 스스로 주택 내 라돈을 측정하듯이, 충남에서 라돈 측정기기(개당 5만원 남짓)를 배포하여 측정하도록 하고 그 결과를 과학원 자료와 비교하는 것도 의미가 있을 것임
- 지자체가 선도적으로 라돈에 대응하기 위해서는 라돈 잠재지도를 자체적으로 작성 또는 개선하는 방안을 모색해야 함. 환경보건 분야에 선도적인 충청남도의 진행방향에 따라 다른 지자체의 벤치마킹 사례가 될 수 있고, 중앙정부로부터 매칭 지원을 받을 수도 있음. 특히

공공성이 높은 마을회관, 학교 등에서 측정이 지원되길 바람

- 과학원의 실내 라돈 측정 가구 수를 단순 할당으로 추정한다면 충청도에 6천 가구, 즉 충청남도에는 3천 가구 정도 측정된 것으로 추정됨. 충청남도의 실내 라돈 지도를 작성하기 위한 자료로 충족하기 위해서는 총 1만 5천 가구(국가 측정자료의 약 5배), 즉 충남의 15개 기초자치단체별 1천 가구 정도의 표본을 추출하여 조사하기를 추천함
- 하지만 꼭 실내 라돈 측정 주택 수를 늘리기 전이라도 캐나다의 사례와 같이 지질기반으로 한 라돈 잠재지도를 작성하고 정책에 활용할 수 있음. 과학원에서 실시한 5 km 단위의 토양 중 자연방사성물질(우라늄, 라듐, 라돈) 측정 결과가 2019년 상반기에 나올 예정이며, 충청남도에서 과학원 자료의 부족한 지점을 보완하는 차원의 지질기반 라돈측정 사업(실행예산 약 2억원)을 추진한다면 정책 도출에 근거가 될 수 있는 라돈 잠재지도 작성이 가능함
- 위해성평가를 위해서도 라돈 잠재지도는 꼭 필요하다고 할 수 있음. 강원도 화천의 사례와 같이 충청남도에서는 금산군에 대해 세밀한 조사를 우선적으로 실시하는 것도 좋은 시도가 될 수 있음

3) 라돈 대응방향

- 모든 신축건물에 라돈측정을 의무화하는 것은 많은 저항이 예상되므로 라돈 잠재지도를 기반으로 고농도지역의 건물에 측정 규제 또는 조례를 지정하는 방안이 있음. 일종의 행정서비스로 신축건물에 라돈 저감 시설을 설치할 경우 금융혜택 등의 재정지원을 병행하는 것도 정책적으로 고려할 수 있음
- 충남도는 인력 및 재정적 수준으로 볼 때 국가를 능가하는 사업을 펼치기 불가능함. 법규의 위임 아래에 조례 제정도 가능하기 때문에 권고사항 정도가 가능할 것으로 판단함
- 일반인들의 행동변화를 유도하는 것도 함께 행해져야 함. 실내 라돈 농도 저감을 위해 주기적인 환기를 제안하면 주먹구구식의 대책이라

고 판단하며 정부가 책임지기를 원함

- 시민들의 인식 차이를 개선하기 위한 노력 또한 필요함. 라돈 현황 공개 및 권고지역 설정에 따른 거부 반응(예: 부동산 매매가 영향)에 대한 방안이 필요함. 선진국의 경우 라돈 잠재지도를 공개하면 자발적으로 주택 내 농도를 측정해보려는 움직임이 있는 것과 대조적임
- 결과를 미공개함으로써 생기는 불신과 우려를 해소하기 위해 정보공개를 하고, 결과에 대해서는 주민과 소통해야 하며 이어지는 정책적 지원에 대한 주민의 의견이 함께 녹아져야 의미가 있을 것임
- 고농도 지역에 대한 대책이나 대안이 마련되지 않은 상태에서 정보 공개를 할 경우 혼란이 가중될 수 있으며, 정책적 접근이 더욱 어려울 수 있음

4) 라돈 자료

- 실내 라돈 농도 자료의 경우, 측정방법이나 기기는 다를 수 있지만 환경부에서 2년마다 측정하는 다중이용시설의 실내공기질 라돈 자료와 교육부에서 실시하는 학교 라돈농도 측정 자료를 취합한다면 N수도 확보하고 비용도 절감되는 효과를 볼 수 있을 것임
- 환경부에서 다중이용시설 자료를 확인하고 있으며, 취합하는데 시일이 걸릴 것으로 예상됨. 환경부, 교육부, 원자력안전위원회가 보유하고 있는 라돈농도 정보를 오버랩하여 라돈 관련 권고정책에 활용이 가능하도록 자료관리 담당부서에서 노력할 것임
- 학교는 기계적 환기를 실시하기 때문에 학교측정 자료의 경우, 라돈 잠재지도를 작성하는데 참고는 하되 반영하지는 않는 것을 추천함. 외국의 경우에도 일상생활을 하면서 자연스러운 노출이 있는 주택을 위주로 실내 라돈 농도 자료를 활용하고 있음
- 국가에서 2년 단위로 실시하고 있는 실내 라돈측정 결과에서 상대적으로 라돈 농도가 높은 금산군의 경우 폐암 유병률이 충남의 타 시군에 비여 비교적 높은 경향을 보이는 것을 확인하였음. 실내 라돈 농

도와 건강영향에 대한 연관성을 확인하기 위한 가설이 될 수 있음

- 라돈 실내 농도의 전국적 추이는 시간의 흐름에 따라 감소하고 있고 금산군 또한 감소하는 추세를 보임. 하지만 이것은 정책적 개입으로 농도가 감소된 것 보다는 주택의 상황(건축자재, 개량 등)이 달라져서 나타난 현상이라고 정부는 파악하고 있음
- 환경부에서 토양기반의 정밀조사를 계획하고 있음. 충남 금산군이 정밀조사 대상지역으로 포함될지 여부는 불투명함. 전국 대부분 지역에서 토양기반으로 라돈을 측정하면 1만~10만 벵크럴 수준으로 높게 검출됨

5) 기타 논의 및 향후 세미나

- 농촌의 비닐하우스는 라돈 노출에 특이적인 장소로써 별도의 조사를 시도하는 것도 필요하다고 봄. 비닐하우스를 이용하는 계절적 요인, 작업시간대, 노동 시간, 기온 차에 의한 압력 등을 고려했을 때 무방비상태로 노출되고 있는 실정임. 실태파악을 위해 정부가 주관하는 조사가 병행되어야 함
- 각종 방사선 발생 상품에 대해서는 생활주변방사선안전관리법에 의거 관리되고 있으며, 안전기준에 부적합한 제품은 교환·수거·폐기 절차가 이미 규정되어 있음. 환경부에서는 환경보건법에 의거하여 라돈에 의한 건강영향조사를 착수할 수 있지만, 원안위 방사선비상진료센터에서 필요시 건강영향조사를 실시하고 있음
- 본 회의에 이어 라돈 관련 연속세미나를 11월에 개최할 예정이며, 도청에서 라돈 관련 일상생활제품의 건강영향에 대한 세미나가 진행되기를 요청함

제3차 워크숍 사진



- 2018년 제4차 충남환경보건열린포럼 - 라돈 노출 저감을 위한 충남의 정책과제

제4차 워크숍 개요

○ 일 시 : 2018. 12. 28.(금) 10:00

○ 장 소 : 충남연구원 1층 대회의실

○ 배경 및 목적

- 라돈(Rn)은 자연방사성 물질이지만, 호흡을 통해 인체에 흡입되면 알파선을 방출하여 폐 조직을 파괴하는 등 폐암을 일으키는 1급 발암물질임(세계보건기구는 라돈을 흡연에 이은 폐암 발병 주요 원인 물질로 규정)
- 충청남도는 화강암·편마암 지질대 또는 옥천단층지대의 지질학적 특성으로 실내 라돈 농도로 인한 노출 위험이 비교적 높은 지역이면서, ‘라돈침대’를 폐기·처리하는 과정에서 해당 주민들의 반발로 사회적 갈등이 발생한 지역임
- 최근 ‘라돈침대’에 이어 생리대, 마스크, 베개 등의 사례로 확인된 생활방사선 제품안전 관리에 대한 정책적 요구가 증가하자 원자력안전위원회는 ‘생활방사선 제품안전 강화대책’을 발표함
- 충남환경보건열린포럼은 라돈 노출 최소화를 위한 방안을 도출하기 위해 연속 워크숍을 진행하였고, 그 동안 논의된 내용을 중심으로 라돈 등 생활방사선 노출 저감을 위한 충남의 정책과제를 모색하고자 함

○ 주요내용

- 라돈의 분포 및 관리 현황
- 라돈 노출 저감을 위한 충남의 정책과제 제언 및 논의
- 2019년 환경보건열린포럼 방향 및 주제 논의 등

○ 참 석 : 10명

- 충청남도(3) : 이봉재 환경보건팀장, 손장희 주무관, 김은영 주무관
- 정부기관(1) : 환경부 환경보건정책과 김준호 사무관
- 학계(2) : 단국대학교 권호장 교수, 전남대학교 노열 교수
- 연구기관(3) : 충남연구원 명형남 책임연구원, 김정아 연구원, 박현진 연구원
- NGO(1) : 충남환경운동연합 서상옥 사무처장

○ 진행순서

10:00~10:10	개회 및 참석자 소개	
10:10~10:30 (20분)	[주제발표]	
	라돈(생활방사선) 노출 저감을 위한 충남의 정책과제	명형남 (충남연구원)
10:30~11:20 (50분)	[지정토론 및 종합토론]	
	김준호 (환경부 환경보건정책과) 노 열 (전남대학교 지구환경과학부) 이봉재 (충남도청 환경보건팀) 서상옥 (충남환경운동연합)	좌장: 권호장 (단국대학교 의과대학)

제4차 워크숍 종합토론 내용

1) 라돈 측정 서비스

- 라돈에 대한 도민 및 시민단체의 민원은 계속될 것임. 현재에도 라돈 측정서비스에 대한 요구가 지속되고 있음
- 지자체에서 운영하는 라돈 측정서비스는 적절한 대응이라고 판단하며 시민들의 불안감을 해소시킬 뿐만 아니라 만족도도 높음. 충남 아산시 경우 검색하면 바로 간단하게 서비스에 접속할 수 있고, 측정결과에 따라 원안위의 2차 서비스로 연결되는 체계가 갖추어짐
- 서비스 및 결과 값에 대한 집계는 이루어지지 않고 있는 실정임. 충남 15개 시군 중 현재 12개 시군에서 시행 중으로 개인 생활공간의 라돈 수치에 대한 궁금증 해결 위주임. 일부 지자체(예산군)의 서식에는 결과 수치를 기입하도록 되어 있지만 그것이 데이터화 되는지는 알 수 없음

- 미국의 경우, 집을 사고 팔 때 라돈 측정이 의무화되어 있으며, 결과 값은 모두 공유되는 시스템임. 기기를 반납할 때 측정 장소, 측정 방법, 일시, 결과 값만 기록하여 축적하면 좋은 자료가 될 것임
- 내년부터 자료를 한곳에서 수집하는 방법 검토 필요. 또한 측정 방법 매뉴얼대로 시행했는지 확인하기 위해 측정 사진을 함께 제공하면 인센티브를 지급하는 등 사용자 맞춤형 앱을 적용할 수 있도록 예산 투자가 필요함
- 환경부에서 인정한 기기를 사용하도록 각 지자체에 권유해야 함. 많은 지점을 측정하는 것보다는 정확하게 측정하는 것이 중요함. 하지만 공인된 기기(RAD7)는 고가이기 때문에 대여용으로 모든 지자체에서 구입하는 것은 무리가 있고, 충청도에서 몇 대를 보유한 후 1차 측정 결과 고농도일 경우 정밀 측정용으로 대여하여 사용하는 방식으로 계획하는 것이 바람직함

2) 라돈 교육/홍보

- 오늘 발표 내용처럼 지자체별 라돈 담당자 또는 관계자를 대상으로 대대적인 교육/홍보를 실시하는 것은 매우 효과적일 듯함. 올해 포럼을 통해 라돈에 대한 이해도가 높아진 만큼 담당 공무원들도 이런 기회가 있다면 업무효율이 높아질 것으로 기대됨
- 각 지자체별 석면 담당관과 같이 라돈 업무에 대한 전담자 배치가 필요함. 관계자 라돈 교육/홍보는 공주시 환경성질환센터와 연계하여 진행하는 방법 고려
- 시민들에게 라돈에 대한 관리 지침(환기 등)을 따르면 충분히 안전하다는 홍보가 중요함. 교육은 이미 하고 있지만, 대상을 확대하는 방안이 강구되어야 함. 석면해체작업에 참여해보면 학부모들의 인식이 많이 달라졌음. 라돈문제도 적극적으로 지침 및 매뉴얼 전달이 되면 시민들 인식개선에 큰 도움이 될 것임

3) 라돈 잠재지도

- 원안위에서 차량이동으로 전국의 감마선 파악을 통한 잠재지도를 작성 중에 있음. 여기에 환경부 토양지하수과에서 측정 중인 토양 및 지하수 중의 라돈 농도를 연계하여 추가 측정 없이 통합 라돈잠재지도 작성을 고려하고 있음
- 건물 팩터를 넣어서 추정하는 라돈 잠재지도를 준비 중인데 건물 팩터가 복잡하여 관건임. 건물노후화 및 건축자재 등에 대한 팩터를 어떻게 설정할 것인지 전문가 그룹과 논의하여 진행할 계획임
- 건축물까지 고려한 라돈 잠재지도와, 건축물 특성을 제외한 라돈지도 두 가지 버전으로 기대가 가능함. 국가차원의 라돈 잠재지도가 만들어졌을 때 충남도의 활용방안 또는 자체제작에 대한 고민이 필요함
- 국가에서 5×5 km 지도 작업 중인데, 아마 충남도에서 더 세밀하게 작성하는 것은 어려울 듯 하고, 국가기초자료를 활용하는 것이 좋겠음. 혹은 환경부에 충남지역 지도를 먼저 작성 해줄 것을 요청할 수 있음. 특히 현재 성장하는 도시(예: 내포 신도시) 위주로 자료를 파악하면 정책적 활용도가 높을 것임

4) 라돈과 폐암 발병 연구

- 폐암 발생의 여러 기전 중에 라돈의 위험인자를 확인하는 연구를 진행하면 정책추진에 근거자료로 활용하는 등 의미 있을 것으로 생각됨. 건보공단에 공개된 자료를 보면 라돈과 폐암이 꼭 맞는다 보이지 않지만, 그래서 더 지역수준의 세밀한 연구가 필요함
- 금산군 추부면은 광채지역으로 현재 암석시료를 채취하여 우라늄 및 토륨을 분석하는 연구를 수행중임. 내년 상반기에 결과가 나오면 그때 건보공단 자료와 연계해보는 시도가 가능할 것임. 현재 건강영향까지 범위에 포함된 과제는 아니지만, 농도가 높다는 것을 주민들이 인지하고 있는 상황임

5) 기타 논의

- 현재 법규에 따르면, 라돈발생 음이온제품은 일반폐기물로 매립 및 소각이 가능함. 1 mSv 기준 이하는 일반폐기물로 그 이상은 지정폐기물로 처리하는 법안을 검토 중임(대부분 1 mSv 기준 이하일 것으로 판단)
- 시민들의 여성생리대의 라돈 농도로 인한 걱정이 많아짐. 라돈 발생 제품별 담당부처가 상이하여 일원화가 필요함. 문제가 확인된 특정 제품에 대해서 앞으로는 생산중단 및 폐기하면 되지만, 기존에 장기간 사용한 사람들에 대한 대처가 문제임. 식약처의 경우 영향이 없다고 발표하였고, 환경부의 경우에는 장기적인 모니터링이 필요하다는 정도로 마무리된 상태임

□ 제4차 워크숍 사진



제5장 연구 성과 및 향후과제

1. 연구 성과

- 라돈연속 워크숍을 통해 라돈과 관련된 측정, 건강 영향, 시공 방법, 지도 작성 등 다양한 주제에 대한 정보를 공유하고 정책화하기 위한 방안 모색
- 라돈과 관련된 다양한 분야의 민·관·산·학·연 기관 및 전문가들의 인적 네트워크 구축
 - 정부기관 : 환경부(환경보건정책과), 충청남도청(환경보건팀), 충남교육청(체육인성건강과)
 - 연구기관 : 한국원자력안전기술원(생활방사선안전센터), 라돈위해성평가연구센터, 충남연구원, EHS기술연구소
 - 학계 : 단국대의과대학교, 순천향대학교, 전남대학교, 연세대학교, 을지대학교
 - 산업계 : 씨앤에치아이앤씨
 - 민간단체 : 충남환경운동연합, 충청남도 지속가능발전협의회
- 2018년 충남의 환경보건 이슈인 “라돈”에 대한 정책방향과 과제를 도출하여 환경보건정책의 내실화를 도모(그림 2)
 - 추진전략(4) : 라돈 노출 실태 파악, 건강민감계층 집중 관리, 라돈안전관리기반구축, 라돈관리 환경보건 서비스 강화
 - 추진과제(11) : 건강민감계층 이용시설의 실내 라돈 노출실태 파악, 지하수 라돈 농도 실태파악, 어르신 이용시설 저감시공

사업컨설팅, 영유아 보육시설 저감 컨설팅, 고농도 검출 지하수 라돈관리, 충남의 라돈잠재지도 작성, 충남의 실내라돈과 폐암 연구, 라돈 인식 개선 등 홍보교육, 라돈 안전관리협력 체계 구성, 실내라돈 측정기 무료대여 서비스, 실내 라돈 측정기 서비스 결과 자료수집 및 분석



그림 2. 충청남도 라돈 노출 최소화를 위한 추진전략 및 정책과제(안)

- 충남 공주시에 ‘중부권환경성건강센터’ 건립과 맞추어 충청권 지역의 환경보건 현안을 공유하고 협력 사업을 논의하므로 충청남도내 다양한 환경보건연구기관, 학계 등의 환경보건인프라를 확대

2. 연구 한계 및 향후 과제

- 2018년 충남환경보건열린포럼을 통해 충청남도 라돈 노출최소화를 위한 정책방향과 정책과제를 도출하여 환경보건정책의 중장기적인 내실화를 도모한 반면, ‘라돈침대’ 사태에서 나타난 중앙정부와 지역주민의 갈등 및 해결방안 등을 모색하기에는 한계가 있었음
- 2018년도는 생활방사선 중에서 ‘라돈’에 집중하였고, 라돈을 포함한 생활방사선의 안전관리에 대한 중앙정부(원안위)와 충청남도와의 정책연계 등 구체적인 방안은 추후 논의되어야 함
- ‘라돈 등 생활방사선’ 안전관리에 대한 선진지 견학(미국, 캐나다, 영국 등)을 통해 사례를 조사·분석하여 충청남도 라돈 등 생활방사선 대책수립에 반영하는 것이 필요
 - 미국 환경청 : 라돈위험지도작성, 주택실내조사 등의 라돈실행계획 수립 및 라돈측정 서비스제공 기술인력 관리 등 다양한 정책 조사 및 현장방문
 - 영국 : 라돈잠재지도 작성, 주택실내조사, 라돈서비스 교육 등 다양한 정책 조사 및 현장방문
 - 캐나다 국제방사선방호위원회(ICRP) 과학사무국 : 국제방사선

방호위원회에서 제시하는 라돈관리 전략 및 생활 속 방사능
예방에 관한 권고 및 가이드 라인에 대한 의견 청취

[부록]

1. 제 1차 포럼

환경과 건강

2018. 4. 27

단국대학교 권호장

환경과 건강

Environment and Health

환경성건강(센터)

Environmental Health

환경건강(연구부)

환경보건(법)

**환경성질환
(예방관리센터)**

Environmental Disease

환경성질병부담

Environmental burden of disease

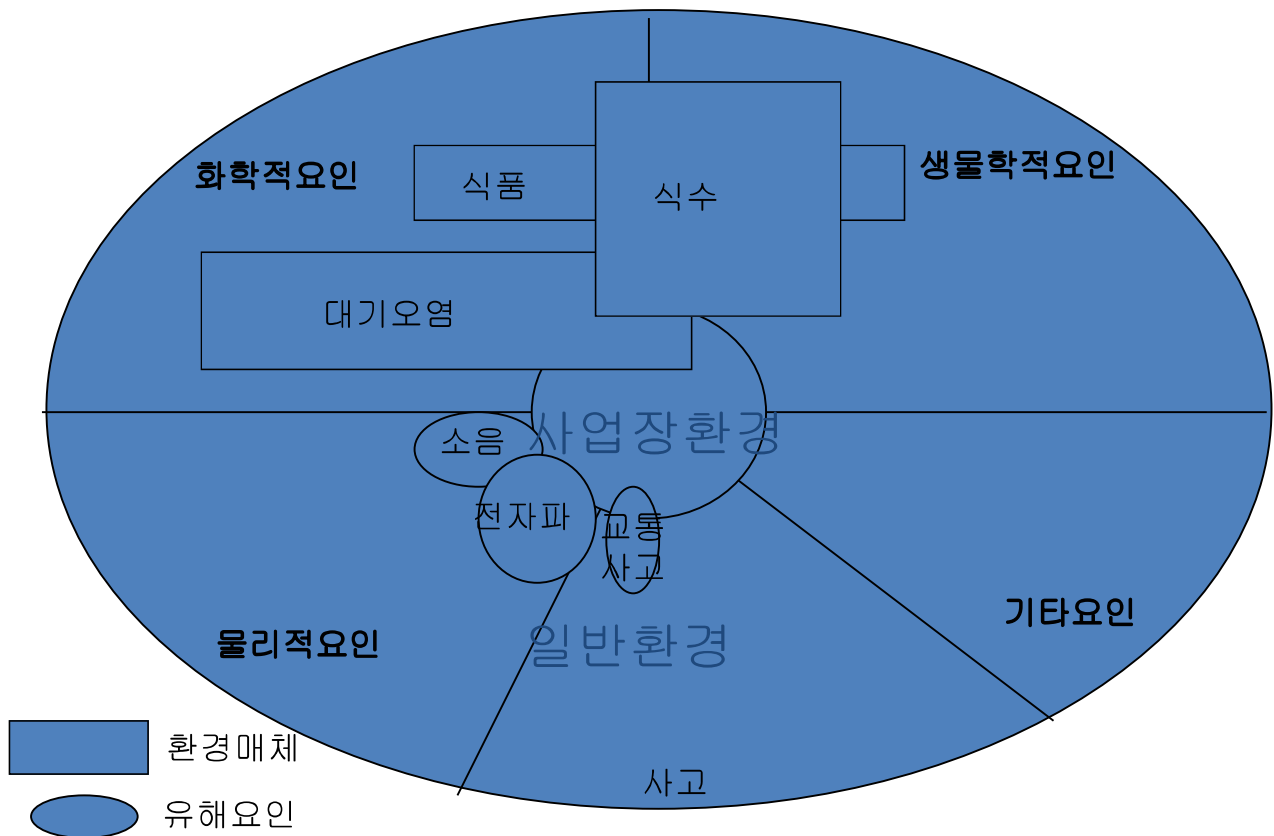
환경보건의 정의

- 건강과 질병발생에 영향을 미치는 환경의 모든 영역(물리적, 화학적, 생물학적, 사회적, 행태적)을 다루는 공중보건의 한 분야

환경 유해요인의 분류

유해요인 구분	종류
물리적 요인	온도, 습도, 압력, 방사선, 자외선
화학적 요인	화학물질, 유해중금속
영양학적 요인	열량, 필수미량원소
생물학적 요인	미생물, 생태계
인체공학적 요인	반복작업, 자세
사회심리학적 요인	스트레스

환경유해요인



환경보건법의 환경보건

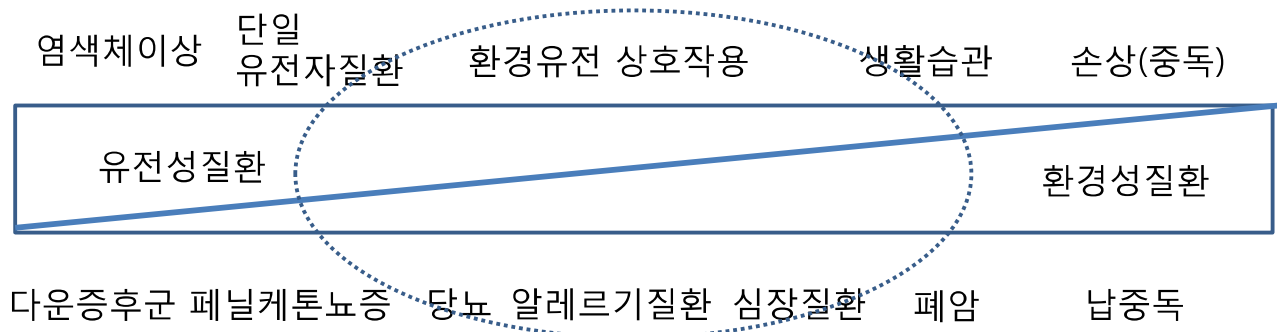
- "환경보건"이란 「환경정책기본법」에 따른 환경오염과 「화학물질관리법」에 따른 유해화학물질 등(이하 "환경유해인자"라 한다)이 사람의 건강과 생태계에 미치는 영향을 조사·평가하고 이를 예방·관리하는 것을 말한다.
- 산업보건에 관한 사항에 대해서는 적용하지 않음
- 감염병 제외

환경유해인자

- "환경오염"이란 사업활동 및 그 밖의 사람의 활동에 의하여 발생하는 대기오염, 수질오염, 토양오염, 해양오염, 방사능오염, 소음·진동, 악취, 일조 방해, 인공조명에 의한 빛공해 등으로서 사람의 건강이나 환경에 피해를 주는 상태를 말한다
- "유해화학물질"이란 유독물질, 허가물질, 제한물질 또는 금지물질, 사고대비물질, 그 밖에 유해성 또는 위해성이 있거나 그러할 우려가 있는 화학물질을 말한다.

다음 중 환경성질환은?

- 다운증후군
- 아토피피부염
- 폐암
- 납중독



환경성질환1

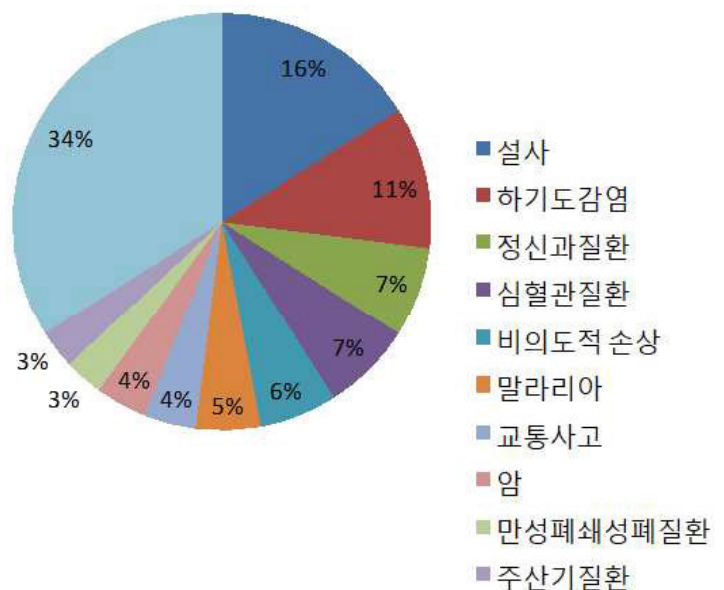
- "환경성질환"이란 **역학조사**(疫學調査) 등을 통하여 환경유해인자와 상관성이 있다고 인정되는 질환으로서 환경보건위원회 심의를 거쳐 환경부령으로 정하는 질환을 말한다

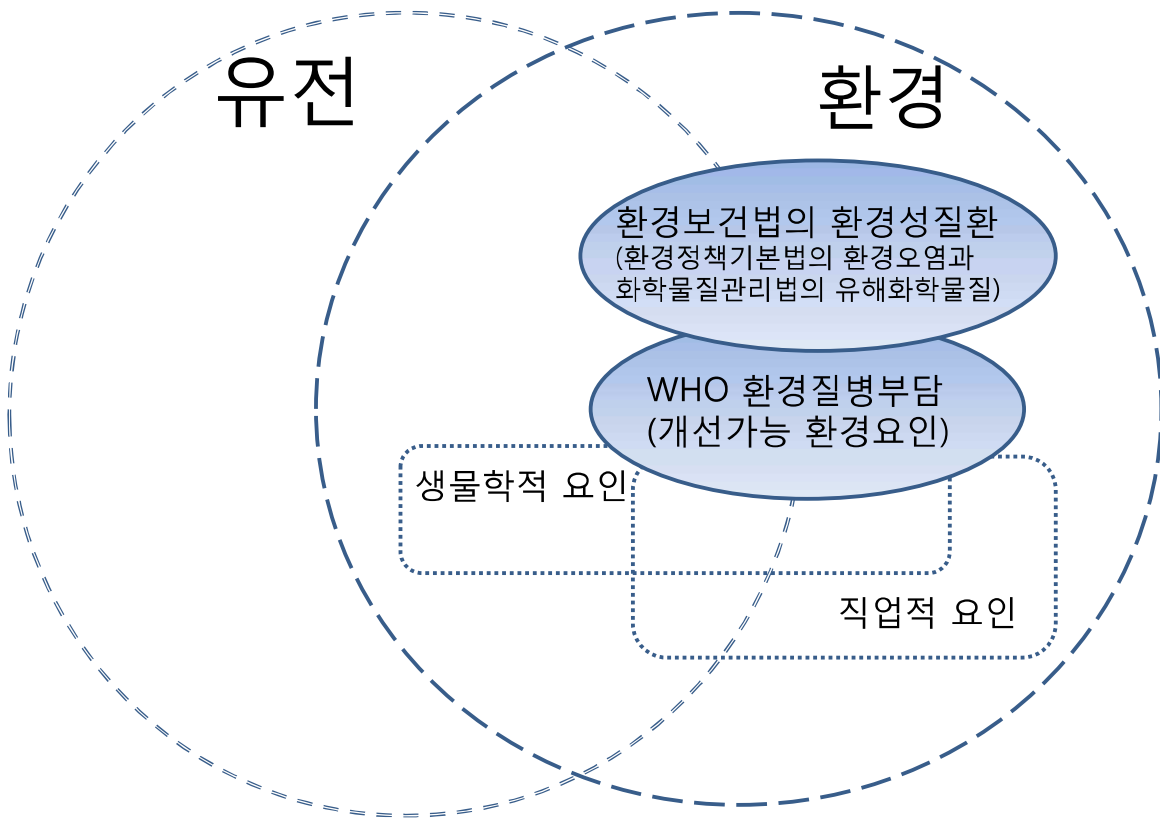
환경성질환 2

1. '수질 및 수생태계 보전에 관한 법률' 제2조제7호에 따른 수질오염물질로 인한 질환
2. '화학물질관리법' 제2조제7호에 따른 유해화학물질로 인한 중독증, 신경계 및 생식계 질환
3. 석면으로 인한 폐질환
4. 환경오염사고로 인한 건강장애
5. '실내공기질 관리법' 제2조제3호에 따른 오염물질 및 '대기보전법' 제2조제1호에 따른 대기오염물질과 관련된 호흡기 및 알레르기 질환
6. 가습기살균제에 포함된 유해화학물질('화학물질관리법' 제2조제2호의 유독물질로 고시된 것만 해당한다)로 인한 폐질환

환경성질병부담

- **교정가능한 환경위험요인**으로 초래되는 질병부담으로 **장애보정생존년수** (DALY)로 표시함.
- 환경요인
 - 공기, 물, 토양의 오염
 - 자외선, 전리방사선
 - 소음, 전자기파
 - 직업적요인
 - 인공환경
 - 농사방법
 - 기후변화
 - 안전한 물과 위생시설 이용과 관련된 행태(손씻기 등)





환경오염의 추세와 관리방안

현대 환경오염의 변화 양상

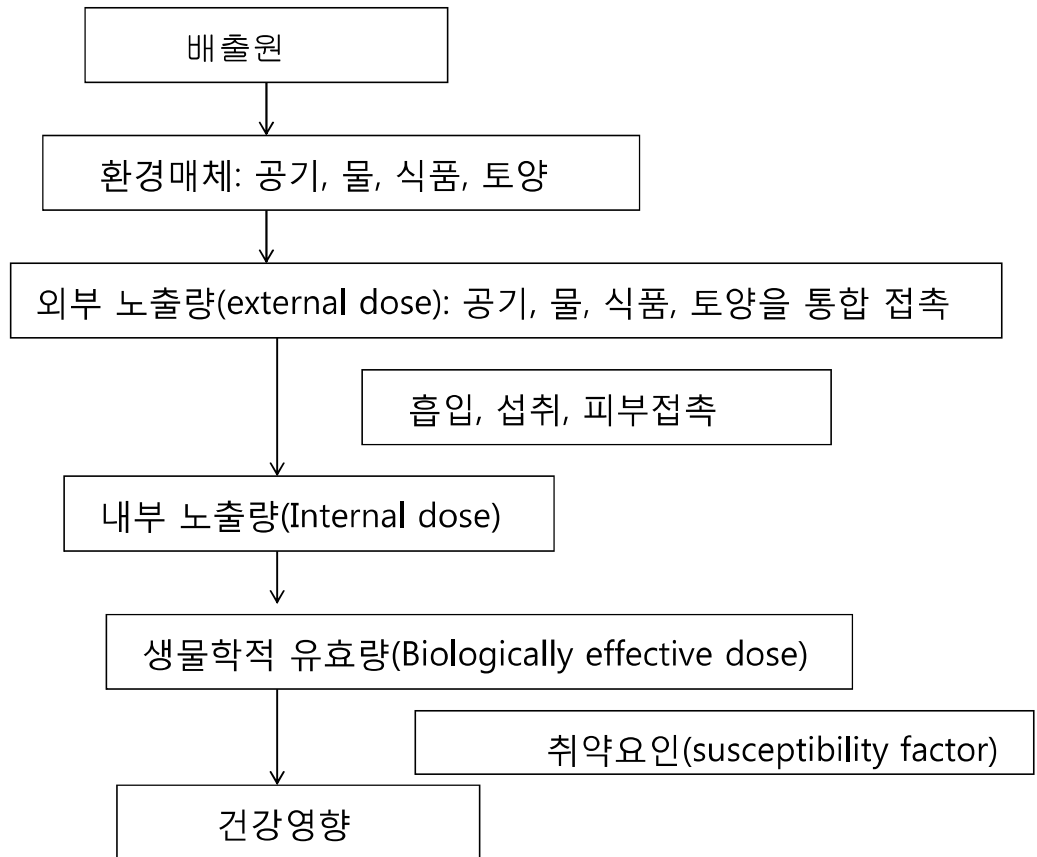
- 국지적인 문제에서 전지구적인 문제로
- 눈에 띄는 현상에서 눈에 보이지 않는 현상으로
- 즉각적인 피해에서 장기간에 걸친 만성피해로



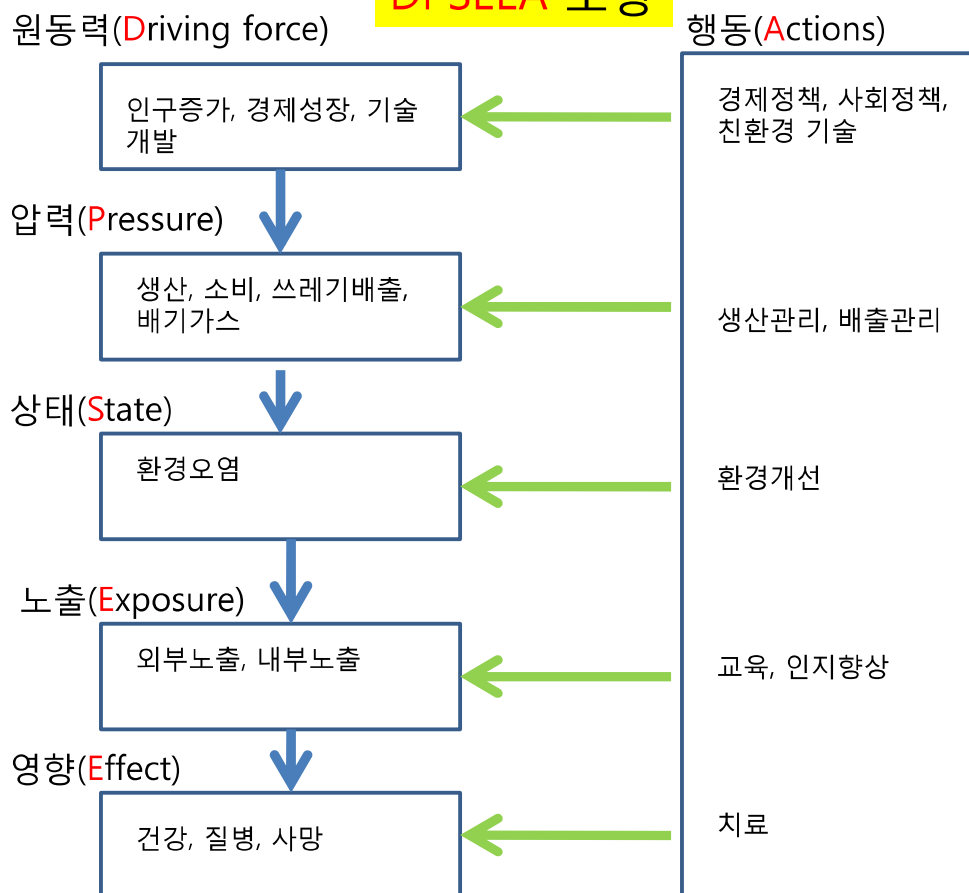
Figure 7. The environmental risk transition. Source: Smith 1997.

<http://www.healtheffects.org/Pubs/SpecialReport15.pdf>

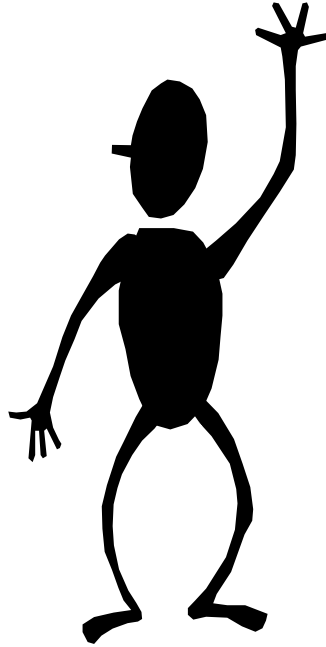
[오염물질 배출에서 건강영향 경로]



DPSEEA 모형



질문 있으신 분?



환경보건 정책의 이해

- 환경보건과 화학안전 관리정책 -

2018. 4. 27



환경부 환경보건정책과

목차



배 경



환경보건과 화학안전 관리정책



2018년 추진과제



배 경



환경보건과 화학안전 관리정책

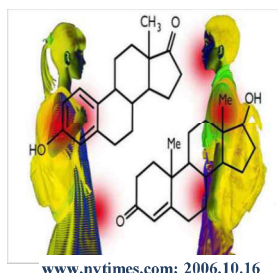


2018년 추진과제

1. 환경오염물질 · 유해물질로 인한 질환



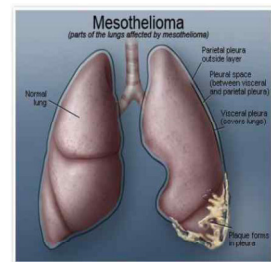
미세먼지 → 호흡기



환경 호르몬 → 성조숙
(내분비계 장애물질)



가습기살균제 → 폐섬유화

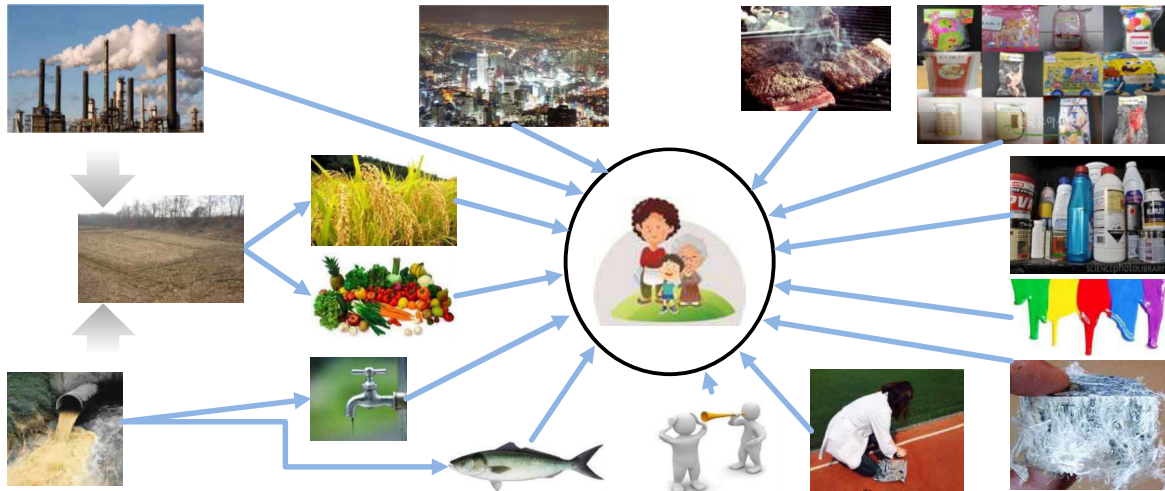


석면 → 악성중피종

2. 수용체 중심의 환경오염관리 필요

생활양식 변화와 생활·건강의 중요성이 부각되면서 소음, 빛공해 등 환경유해인자와 그로 인한 건강 영향에 관한 이슈가 중대한 사회문제로 대두

➔ 배출원 관리에서 수용체에 미치는 영향관리 중심으로 정책의 패러다임 전환 필요



5

3. 새로운 환경위해요소 관리 필요

■ 각종 환경사고와 새로운 환경위해요소



■ 인위적인 요인뿐만 아니라, 자연적인 환경 위해 요소도 관리 필요



집먼지 진드기

한삼덩굴

돼지풀

기후변화 관리

6

4. 화학물질 규제 필요성 증대

■ 전세계 화학물질 현황



■ 화학물질은 현대 문명에 필수적이지만, 잘 모르고 사용하면 독이 될 수도!

잘 알고 쓰면 돈

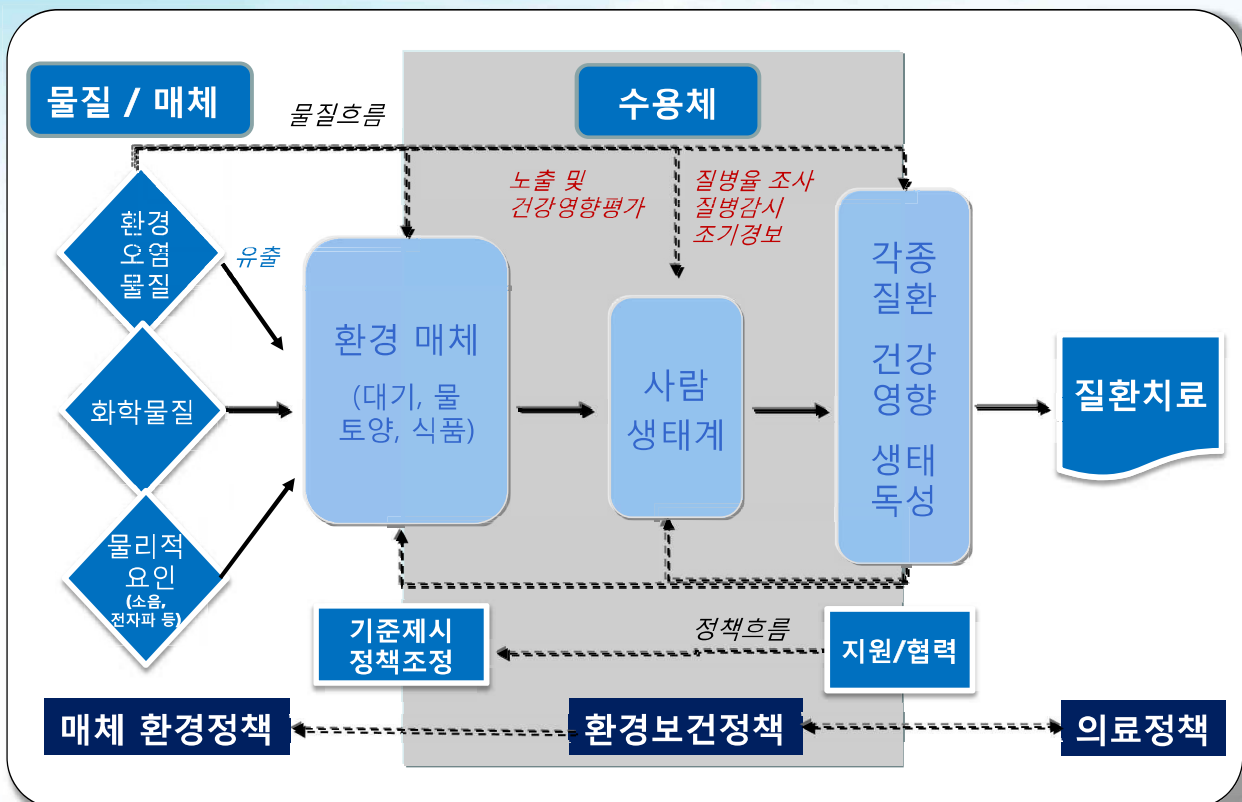


잘 모르고 쓰면 독



7

5. 환경정책과 의료정책의 사각지대 해소



8



배 경

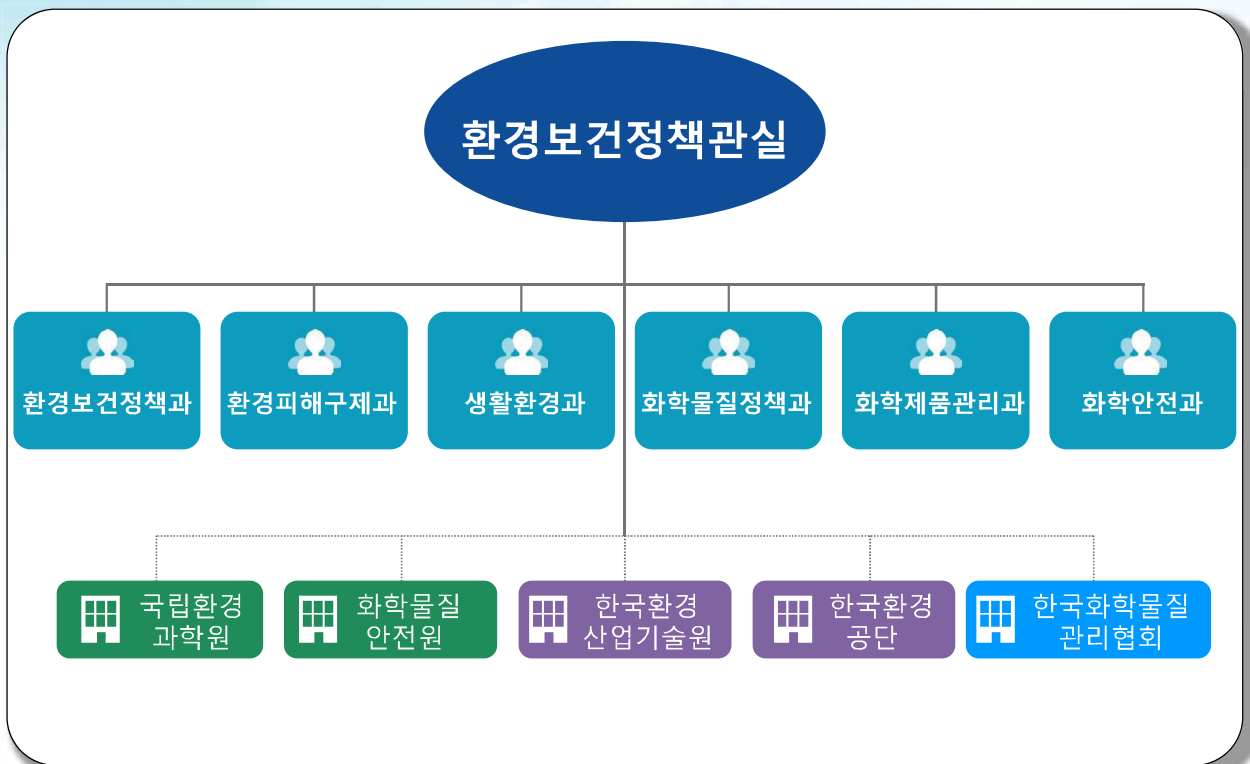


환경보건과 화학안전 관리정책



2018년 추진과제

2. 환경부 환경보건정책관실 조직



3. 환경부 환경보건정책관실 소관 법령

- ▶ 환경보건법('08.3.21 제정)
- ▶ 소음진동관리법('90.8.1 제정)
- ▶ 실내공기질 관리법('96.12.30 제정)
- ▶ 석면피해구제법('10.3.22 제정)
- ▶ 석면안전관리법('11.4.28 제정)
- ▶ 인공조명에 의한 빛공해 방지법('12.2.1 제정)
- ▶ 환경오염피해 배상책임 및 구제에 관한 법률('14.12.31 제정)
- ▶ 가슴기살균제 피해구제를 위한 특별법('17.2.8 제정, 8.9 기시행)
- ▶ 화학물질관리법('90.8.1 제정, '13.6.4 전부개정)
- ▶ 잔류성유기오염물질 관리법('07.1.26 제정)
- ▶ 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률('13.5.22 제정)
- ▶ 생활화학제품 및 살생물제 안전관리법('18. 3. 2. 제정, '19. 1. 1. 시행)



11

4. 환경보건 10개년 종합계획('11~'20)

■ 비전과 추진전략

환경유해인자로 인한 피해를 예방하여 건강하고 안전한 사회 구현

2020년까지 환경보건 선도국가 진입

사전 예방
원칙

수용체 지향
접근 원칙

환경 정의
구현 원칙

참여와 알권리
보장 원칙

추진
과제

전략 1 환경성질환 예방·관리

꼼꼼한 환경보건 조사감시
체계 마련

환경성질환
예방 대책 강화

민감계층 취약지역
건강보호

환경피해 구제시스템
정비

전략 2 국민의 환경유해인자 노출 최소화

생활주변 환경오염
저감

유해물질
안전관리 강화

월경성기후변화로
인한 건강피해 대비

신규 환경유해인자
관리 강화

전략 3 환경보건기반 개선

환경보건 인력산업 육성

환경보건 연구 및 기술개발 강화

국민 참여와 알권리 보호

추진
기반

- 재원조달, 조직강화, 기관협업·협력, 제도정비, 대외소통·홍보
- 계획의 이행 및 환류

12

5. 환경보건 정책

■ 국민환경보건 기초조사

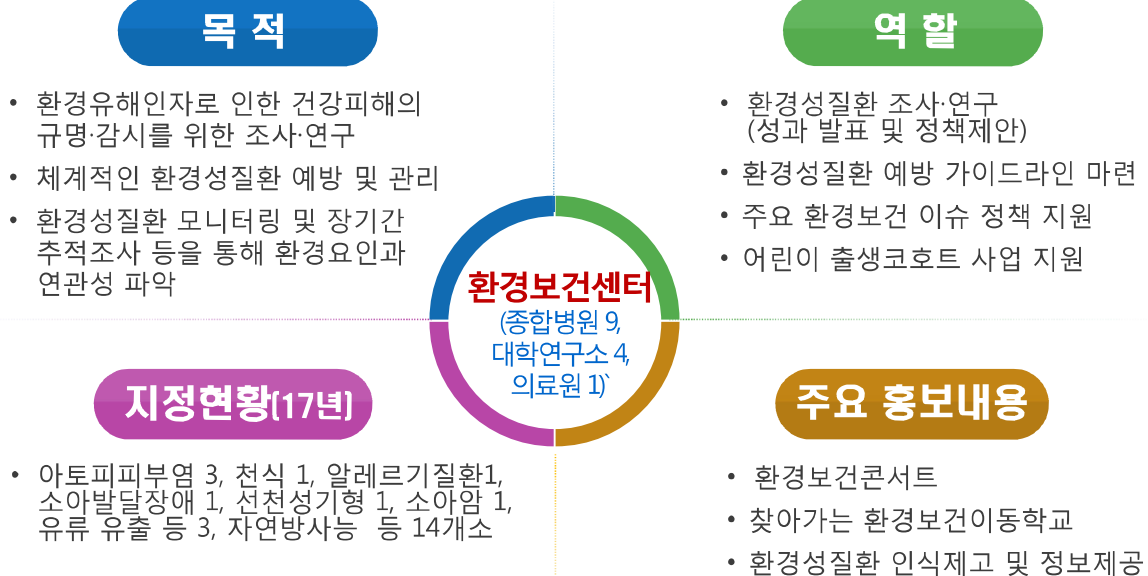
전 국민을 대상으로 체내 환경유해물질 노출 수준을 분포 변화와 그 영향요인을 매 3년마다 지속적으로 조사(2009~)



13

5. 환경보건 정책

■ 환경보건센터 지정·운영('07~)



14

5. 환경보건 정책

■ 건강영향조사 청원제도

목 적

- 다양한 환경유해인자로 건강 피해가 발생하거나 우려되는 경우, 국민이 국가에 필요한 건강영향 조사를 청원하여 문제 해소

제도현황

- **(청원주체)** 환경유해인자로 인하여 자신의 건강상 피해가 발생하거나 우려되는 국민
- **(청원대상)** 환경유해인자가 건강에 미치는 영향에 대한 조사
- **(조사분야)** 환경오염도, 건강영향, 주거·생활적합성 등
- **(처리방법)** 환경부 검토 및 환경보건위원회 심의

(사례) 대구안심 연료단지 주변 주민 건강영향조사(대구, '13~'14)

- 연료단지에서 발생한 분진이 주변 공기질에 영향 → 직업력이 없는 진폐환자 8명 확인

15

5. 환경보건 정책

■ 건강영향평가 제도

운 영

- 환경영향평가 대상사업 중 산업단지 등 대규모 개발사업의 환경영향평가 시 위생·공중보건 항목 평가 저감대책 마련
- 개발 대상사업 : 산업단지(15만㎡ 이상), 화력발전소(1만kW 이상), 소각장(100톤/일 이상), 폐기물매립장(일반 30㎡, 지정 5만㎡ 이상), 분뇨 및 축산폐수처리시설(100㎏/일 이상)
- 2010년 제도 도입 후 320여건의 대상사업에 대해 건강영향평가 수행

평가절차

현황조사

사전지역 및 주변지역의
건강영향 파악을 위한
기초자료 조사
(환경취약계층 확인 등)

영향예측

당해 사업의 시행으로
인해 발생하는 오염물질
이로 인한 건강영향 예측
(환경취약계층 확인 등)

저감방안

영향예측 결과를 바탕으로
건강영향을 최소화하는
저감대책 수립
(환경취약계층 확인 등)

사후조사

오염물질의 배출로 인한
농도변화, 저감시설 설치
등을 지속적으로 파악
(농도 모니터링, 주민
건강영향조사 등)

16

5. 환경보건 정책

■ 환경보건 기초 R&D 추진

사업기간	사업비	R&D분야
총 10년간 (2012년~2021년)	총 1,792억원 (국고 1,639억원 / 민간 159억원)	4개 세부사업 및 7대 중점 프로젝트



17

5. 환경보건 정책

■ 사회취약계층·어르신 환경성질환 예방정책 추진

주요내용

- 취약계층 및 어르신 활동공간을 대상으로 생활환경 유해인자 진단 및 컨설팅
- 주거환경 열악가구에 대해서는 기업체 후원과 지자체 협력을 받아 벽지, 장판 등 교체 지원
- 아토피·천식·비염 등 환경성질환자는 무료 진료 및 치료 병행



추진절차



18

5. 환경보건 정책

■ 어린이 환경보건정책 추진

어린이 활동공간 안전관리(어린이집, 유치원, 초등학교 등)

- 어린이 활동공간 환경안전관리기준 마련(중금속, 기생충 등)
- 신축, 증축, 수선 시 환경안전관리기준 준수여부 확인 검사
- 어린이 활동공간 환경안심인증 추진



어린이용품 유해물질 관리

- 어린이용품 내 환경유해인자 기준 및 유해인자 표시
- 어린이용품 위해성 평가 및 문제제품 퇴출 조치
- 완구, 문구, 가구 등 제조업체 자가관리계획 지원



19

5. 환경보건 정책

■ 다중이용시설 등의 실내공기질 관리

다중이용시설('16년, 19,795개소) + 공중이용시설('14년, 17,315개소)

- (유지기준, 5종) 미세먼지, 이산화탄소, 폼알데하이드, 일산화탄소, 총부유세균
- (권고기준, 5종) 휘발성유기화합물, 석면, 라돈, 이산화질소, 오존

신축 공동주택(100세대 이상 아파트, 기숙사, 연립주택)

- (권고기준, 7종) 폼알데하이드, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스틸렌, 라돈

대중교통차량(지하철, 철도, 고속버스 및 직행버스)

- 이산화탄소, 미세먼지 권고기준 설정·관리

실내 오염의 주된 원인인 건축자재 관리

- 기준 초과 오염물질 방출 건축자재는 다중이용시설 또는 공동주택에 사용금지

20

5. 환경보건 정책

■ 실내 라돈 관리

라돈 노출 취약주택(지하, 1층), 마을회관 실내 라돈 무료측정

- (주택) 온·오프라인을 통해 신청 및 접수, 고농도 주택·마을회관 라돈 알람기 설치
- (마을회관) 라돈 고농도 지역 소재 마을회관 측정

※ 전국 주택 라돈조사(과학원) 결과를 토대로 라돈 고농도 지역 선정

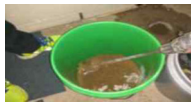
라돈 저감시공

- 라돈 측정결과 400Bq/m³ 이상으로 나타난 주택 또는 마을회관을 대상으로 저감시공
- ※ 전국 주택 라돈조사(과학원, 라돈 무료측정서비스(환경공단) 결과 활용

<라돈 시공 공법>



① 배출관 설치 굴착



② 굴착 후 흙을 파내 흡입 공간을 만들어 중



③ 파놓은 곳에 배출관 설치 및 주위를 실리콘으로 실링



④ 저감팬 설치



⑤ 팬의 정상적인 작용여부 확인을 위한 유압계 설치



⑥ 마이크로마노미터를 이용한 토양층 음압 형성 확인

21

5. 환경보건 정책

■ 석면 관리

석면안전 관리

- 석면(함유제품)의 시중 유통시 회수·판매중지 조치
- 석면함유가능물질(활석 등) 수입·생산 시 승인
- 자연 발생석면 지질도 대국민 공개



건축물 석면 관리 및 석면해체사업장 주변 환경관리

- 건축물 석면 조사 및 대상 확대(취약계층 이용시설 모두 포함)
- 석면 건축물 관리·감독 전문성 강화를 위한 교육체계 개편
- 석면 해체작업 시 감리인 제도 고도화



노후 석면슬레이트 철거 지원

- 가구당 최대 336만원(국고 168, 지방비 168) 지원



22

5. 환경보건 정책

■ 환경오염피해 구제제도 - 가슴기살균제 피해자 구제

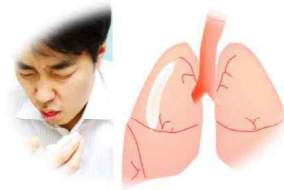
가슴기살균제 사용

- PGH, PHMG, CMIT, MIT 등 화학물질이 가슴기살균제의 원료 화학물질로 사용



원인미상 폐손상 인과관계 확인

- 급성호흡부전 등 원인미상 폐손상 환자 계속 발생
- 질병관리본부에서 역학조사, 동물실험 실시
- 인과관계 확인('12.2월)
 - 태아피해('17.3), 천식('17.9)
- 가슴기살균제 피해 인정



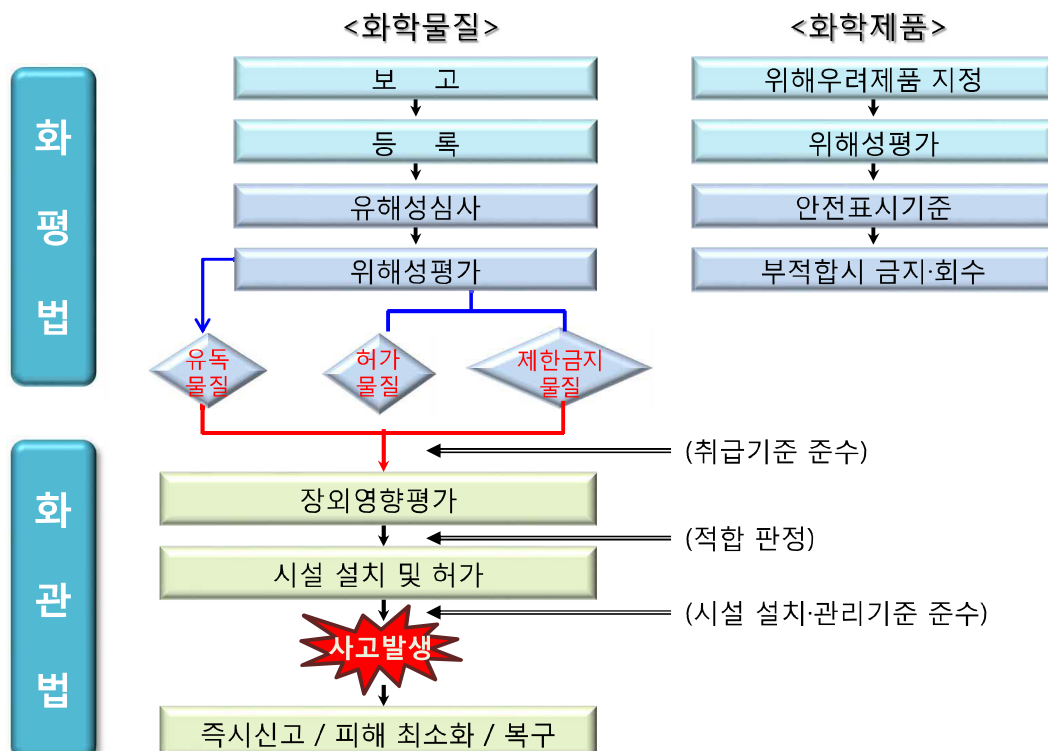
피해자 지원

- 피해신청 및 판정('17.12.31기준)
 - ✓(신청) 5,955명
 - ✓(판정) 판정자 3,083명 중 415명 피해인정
- 피해자 지원
 - ※ 폐손상의 인과관계가 높은 197명 (1,2단계) 중 신청자 303명에게 의료비, 장례비 등 지급
- 판정병원 확대
 - ※ '16년까지 접수된 34차 신청자 '18.3월까지 단계적 완료 예정
- 건강모니터링 확대, 전문인력 확충 등 피해자 지원서비스 강화

23

6. 화학안전 정책

■ 유해화학물질 안전관리 체계



24

6. 화학안전 정책

■ 생활화학제품 안전관리 강화

살생물제 안전관리 제도 도입

○ 살생물제 승인제도



○ 살생물제품 승인제도



○ 살생물처리제품 관리

허가된 살생물제품만 사용,
사용된 살생물질명 표기 의무화



25

I 배경

II 환경보건과 화학안전 관리정책

III 2018년 추진과제

1. 2018년 정책추진 방향과 전략

비전

국민이 안심할 수 있는 건강하고 안전한 환경 구현

추진체계

튼튼한 화학안전 관리망 구축

- ① 화학안전에 대한 기업 책임 원칙 실현
- ② 사업장 화학안전관리 사각지대 해소
- ③ 화학물질·제품 유해정보 알권리 강화

안심할 수 있는 생활공간 조성

- ① 빈틈없는 석면 안전관리 강화
- ② 귀, 코, 눈이 편안한 생활 환경 조성
- ③ 환경유해인자 사전 차단

국민이 체감하는 환경보건 서비스 제공

- ① 과학적 환경보건 조사·분석체계 구축
- ② 민감계층 환경보건 서비스 증진
- ③ 환경오염 피해구제 확대

27

1. 2018년 정책추진 방향과 전략

환경부 비전과의 연계성

	튼튼한 화학안전 관리망 구축	안심할 수 있는 생활공간 조성	국민이 체감하는 환경보건 서비스 제공
환경정의 실현	○ 화학물질 관리 2030 로드맵 마련 ○ 화학물질 유해성 정보 등록	○ 대규모 개발사업 건강영향평가 내실화 ○ 환경영향평가 통합평가	○ 환경보건 R&D ○ KCI 등 활동 노출평가 자동화 ○ 환경보건지표 산출 ○ 생체 내 농도기준 설정
생명과 미래가치 보호	○ 사업장 배출저감계획 수립·공개 의무화 ○ 산업단지 다이옥신 배출 관리 강화	○ 빛공해 관리지역 외 관리 ○ 취약가구 라돈 저감사업	○ 피해구제 강화 ○ 가습기·석면·노출평가 자동화 ○ 도심지역 건강영향조사 ○ 산업단지 발전소 냉각수배출 등 생리대 건강영향조사
국민 참여 거버넌스 강화	○ 살생물제 승인제 도입 ○ 생활화학제품 전주기 안전관리 강화 ○ 화학물질정보 연면비밀 사전 승인제 도입	○ 석면 안전관리 강화 ○ 가습기·석면·노출평가 자동화 ○ "중금속 내리사랑" 단지 시범사업 ○ 실내 미세먼지 기준 강화	○ 환경보건 출생코호트 조사 ○ 어린이 활동공간-음향 환경안전 관리 강화
국정 기조	○ 생활환경안전정보 시스템 품질 개선 ○ 모바일 앱 기능 신설 ○ * 제품성능, 리콜정보 확인 등	○ 석면조사 결과 공개 ○ 자연발생 석면지도 공개 ○ 건강나누리캠프, 환경보건이동학교	○ 살생물제 환경보건 정보 제공 ○ 건강영향조사 위해소통체계 구축
사람 중심 (일자리)	○ 화학물질 심사·평가 인력 (48명) ○ 살생물제 시험·검사 인력 (연간 50명)	○ 중금속 이웃사이센터 확충 ○ * (인력) 전 19명 → 20년 50명	○ 환경위해관리기사 신설 ○ * 20년까지 총 448명 ○ 생활환경 보건컨설턴트 ○ * 연 40명
규제 혁신	○ 장외영향평가·위해관리계획 통합 ○ 위험시설 검사 압축화	○ 여러 법에 존재된 불법 석면제품 규제 개선	○ 환경책임보험 ○ 유출사고 개편·합리화

일하는 방식의 전환

	2017년 이전	2018년 이후
화학 안전	○ 전체 일정에 대한 로드맵 없이 3년마다 등록 대상 화학물질을 고시	○ 국가 화학물질 관리에 대한 중장기 로드맵에 따라 단계적으로 화학물질 등록(유해성 및 유해성 등 고려)
화학 제품	○ 가정용 화학제품 위주 관리 ○ 신규물질 개발시 대처 곤란	○ 사무실, 다중이용시설 등으로 폭넓게 확대 ○ 안전기준을 주기적으로 재평가
사업장	○ 경제적·확실적 취급 안전기준 ○ 산업계의 빠른 변화에 대처 곤란	○ 화학안전을 보장하는 범위 내에서 탄력적 기준 ○ 산업 변화 등에 신속하게 대처
석면 건축물	○ 문제 발생 건축물에 한정하여 대책 추진	○ 국내 전체 건축물에 대한 현황 파악 ○ → 현황분석을 토대로 전면 재조사 계획 수립 추진
생활 안전	○ 공간에 한정하여 중금속을 측정 및 피해사례 조정 업무 수행 ○ 한정된 인력으로 전국적으로 발생하는 중금속을 분성에 신속한 대응 애로	○ 주민 자율적 중금속을 감측 해소 모델 구축 ○ 중금속을 측정, 피해조정 기능을 지자체로 확대
건강영향 조사·평가	○ (조사) 형평요구가 들어와야 임의적으로 건강영향조사 대응 ○ (평가) 사업자 제출 서류 위주로 판단	○ 전국 환경미해 우려지역 조사 로드맵 수립, 조사체계 정비 ○ 조사 결과를 토대로 평가 내실화
지표 기준	○ 오염배출량, 화학물질 유통량 등 단순 통계에 의존 ○ 대기중 또는 수중에 환경기준만 활용	○ 환경보건지표 산출 ○ * 노출 및 관리영향 등 환경보건관리 수준을 한눈에 확인할 수 있도록 청수화 ○ 생체 내 농도기준 설정
피해 구제	○ 가습기·피해 정부 공식사고, 책임인정* ○ (배상유무 1.2단계 중심 인정) ○ 민사소송을 통해 배상 위주 ○ * 배상까지 최대 7.5년 소요 (3일, 25일/심 가청시)	○ 신속한 판정, 피해 인정절차 확대, 재발방지대책 추진 등 ○ 국가의 先구제, 후원인자 구상 ○ → 신속한 피해구제 가능(최대 135일)

28

2. 주요 환경지표

1. 화학물질 배출량



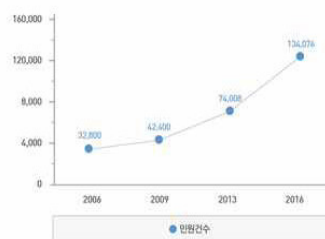
2. 화학물질 유통 · 등록현황

- 화학물질 유통량 : 496.9백만톤
- '06년 대비 18.9% 증가('14)
- 유해화학물질 등록 현황
 - 국내 유통 화학물질 50,657종 중
 - 12,395종만이 유해성 심사 완료
 - '18년까지는 510종 등록 예정
 - 대다수 물질은 안전 정보없이 사용중

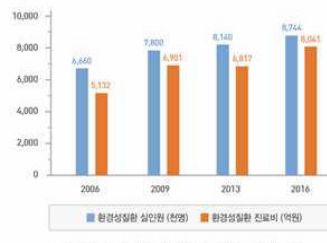
3. 다중이용시설 공기질 농도



4. 소음민원 현황

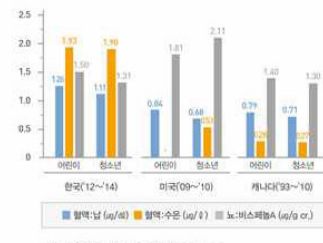


5. 환경성질환자 및 진료비



* 환경성질환 여토피부염, 알레르기비염, 천식에 한함

6. 생체 내 유해물질 농도



* 출처: 제2기 국민환경보건조사 등

29

3-1. 촘촘한 화학안전 관리망 구축

■ 화학안전에 대한 기업 책임원칙 실현

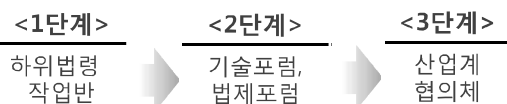
화학물질 · 제품 안전관리 강화

- 1차 등록대상('18.6 유예기간 만료) 510종 등록 지원
- 화학물질 용도를 고려한 인체노출 위험성 평가
 - * 화학물질 위해성자료 작성 지원프로그램 (K-CHESTAR) 제작 · 보급
- 위해우려제품 유통관리 철저
 - * 전체 유통제품(2만개) 표본조사비율 확대 ('17) 10% → ('18) 15% → ('19) 20%



살생물제 관리제도 연착륙 도모

■ 살생물제 사전승인제도 마련



* 살생물제 승인제도 세부지침서 개발('18.12)

- 살생물제 승인 전과정 시범사업 등을 통해 산업계의 제도이행력 제고
 - * (1단계) 신청자료 생산 → (2단계) 평가보고서 작성 → (3단계) 신청서 제출 → (4단계) 평가



30

3-2. 촘촘한 화학안전 관리망 구축

■ 화학물질 취급 사업장의 안전관리 사각지대 해소

인·허가 전 단계

- 장외·위해관리계획 제도의 통합 및 심사결과 상호 인정
* 장외·위해관리계획서(화관법) ↔ 공정안전보고서(산안법) <검사제도 개편>
경제효과 5,980억원/년
- 유해화학물질 취급시설 검사제도 합리화
* (현행) 최대 11개월 소요 → (개선) 최대 1.5개월 이내 단축
- 시험·연구용 시약판매업자 취급 준수사항 고지·표시 의무화

인·허가 이후 단계

- (수입업체) 불법 수입·반입 협업검사 품목·대상 확대
* ('16) 금지·제한·일부 유독물질(589종) → ('18) 유해화학물질(총 822종)
- (운반업체) 유해화학물질 다량 운반차량 실시간 추적
- (제조/사용) 고독성물질 저감계획 수립 의무화
- (이행점검) 인력·장비·정보 수준 강화를 통한 법령 이행 내실화

화학사고 예방·대응

- 지역단위 화학사고 비상대응체계 구축 확대
* 지역비상계획 수립 지원 : ('17년) 6개 → ('18년) 10개
- 합동방재센터 사고대응 역량 강화(충주센터 신설)
- 화학테러 가능물질 테러대비물질로 지정 추진

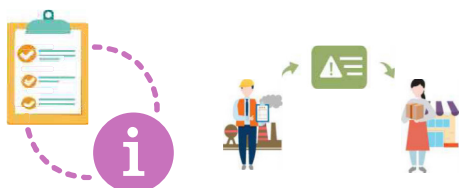
31

3-3. 촘촘한 화학안전 관리망 구축

■ 화학물질·제품 유해정보 알권리 강화

화학물질 정보제공 확대

- 등록시 제출한 물질 자료 공개 검토('18.12)
* EU, 일본 등 자료공개 사례 분석, 효과 및 부작용 등에 대해 산업계, 시민단체 등과 논의 추진
- 영업비밀인 등록자료 미공개에 대비, 사전심사제도 신설 추진(법안, ~'18.12)



대국민 알권리 확대

- 자발적 협약기업(18개)의 제품 전(全)성분 정보 공개('17.10~'18.12)
* 공개가 준비된 제품부터 순차적 이행
- 국내 유통 화학제품 정보를 통합하여 수요자(대국민, 전문가용) 맞춤형 제공('18.4)
- 성분 및 리콜정보 확인, 불법 의심제품 신고 등 모바일서비스 확대('18.4)



32

4-1. 안심할 수 있는 생활공간 조성

■ 빈틈없는 석면 안전관리 강화

석면 안전관리 범위 확대

■ 사용중인 건축물의 석면조사 대상 확대('18.상, 시행령 개정)

* 취약계층 이용시설은 면적과 관계없이 대상에 포함

'30년까지 슬레이트
주택 52만동 처리



■ 노후 슬레이트 주택 등 처리지원 확대

■ 자연발생석면 분포지역 조사·관리 강화

* 개발사업 비산·노출방지 등 점검·관리, 개발사업 매뉴얼 마련·보급('19)

석면 안전관리 체계 공고화

■ 석면건축물 관리·감독 체계 개편 및 안전관리 전문성 강화

* (교육이수) (변경)신고 후 1년 이내 → 3개월 이내,

(교육시간) 6 → 8시간, (보수교육) 최초 교육 후 2년 이내

■ 석면 해체작업 감리인 제도 고도화

* 감리인 등록제·평가제 및 공공감리제 도입 검토('18년~)



석면 위해성 정보 투명성 제고

■ 석면조사 결과 공개 및 해체작업 주민참여 확대

■ 자연발생석면 지질도 공개

* 지질도 온라인 공개, 전국민 대상 홍보, 지역별 소통위원회 운영('18.6~)



33

4-2. 안심할 수 있는 생활공간 조성

■ 귀, 코, 눈이 편안한 생활환경 조성

생활 밀착형 소음·진동 정책 추진

■ 이웃 간 층간소음 갈등 완화

* 층간 내리사랑 단지 시범운영('18.3~), 상담인력 확충(19→50명, '20)

■ 생활소음(공사장, 농촌, 저주파소음 등) 관리 강화

■ 교통·항공 분야 소음관리 강화

* 타이어 소음성능표시제도 시행('19~), 항공기소음 자동측정망 정확도 제고



실내 미세먼지 관리 강화

■ 제3차 지하역사 실내공기질 개선대책 추진

* 집진·살수차량, 자갈도상 개량, 살수배관 설치 등

■ 실내 미세먼지 및 건축자재 관리 강화

* 건축자재 사전 적합확인제도 합동점검 및 제도정비 추진

■ 자가측정 의무화 등 대중교통 차량 내 공기질 관리체계 정비



좋은 빛 환경 조성

■ 지자체 조명환경관리구역 확대 지원

* 시·도 빛공해 영향평가 실시 지원('17년 2개 → '18년 5개)

■ 빛공해 방지문화 확산

* 빛공해 자감 교육·홍보, 제2차 빛공해 개선 종합계획 수립('18.12)



34

4-3. 안심할 수 있는 생활공간 조성

■ 환경유해인자 사전 차단

잔류성유기 오염물질 관리 기반 내실화

■ 신규 배출시설 지정 및 배출허용기준 강화

* (신규) 다이옥신 배출량 증가시설, (기준) 고형연료시설(SRF)

■ 잔류성 물질에 대한 리스크커뮤니케이션 강화

* 범정부협의체 운영, 국외 규제조항, 수은 노출시 대응요령·폐기방법 등 제공



맞춤형 라돈관리 강화

■ 신축 공동주택 권고기준 합리적 개선 추진

* 전문가 집중토론, 이해관계자 의견수렴 등을 거쳐 마련('18.2~)

■ 라돈 분포·영향에 대한 면밀한 현황조사

* 전국주택 라돈 실태조사('17~'18), 라돈영향 잠재지도 시범 작성



개발사업 건강영향평가 내실화

■ 대규모 기존 사업장 주변 건강영향평가 실시

* 업종별 환경유해인자 항목·범위 설정, 건강영향평가 방법론 마련 등

■ 신규개발사업 건강영향평가 내실화

* 건강영향 예측정확도 제고, 기존오염도 초과지역 영향평가방안 등 마련



35

5-1. 국민이 체감하는 환경보건 서비스 제공

■ 환경보건정책 기반 강화

층층한 환경유해인자 조사 추진

■ 산업단지, 발전소 등 환경피해우려지역 조사·관리 강화

* 기존지역 외 건강영향조사 필요지역 현황파악 및 조사방안 마련

■ 난개발 공장지역 건강영향조사 및 관리 로드맵 마련

■ 환경보건 출생코호트사업('15~'36) 기틀 마련

* '19년까지 7만명 산모 모집, 산모-영유아-청소년기까지 장기간 추적조사



환경보건 분야 지표 및 기준 체계 구축

■ 환경보건지표 산출('18.12)

* 전국 및 지역별 노출실태, 관리현황 등을 비교·분석가능

■ 환경유해인자 생체 내 농도기준 설정(~'18.6)

* 납, 카드뮴, 수은, 프탈레이트 등 4대 환경유해인자



환경보건 기술기반 및 시스템 확대

■ 환경보건종합정보시스템 구축('18.12)

* 생활환경, 어린이환경, 환경보건 관련정보 수집·제공

■ WHO 아시아 환경보건센터 유치

* 유치신청 공모 및 선정(~'18.2) → MOU체결('18.4) → 센터 출범('19.1~)

■ Post 생활공감 R&D 추진 로드맵 마련('18.4~)



36

5-3. 국민이 체감하는 환경보건 서비스 제공

■ 민감계층 환경보건 서비스 증진

어린이 환경보건 관리 강화

- 어린이 활동공간 및 어린이 용품 환경유해인자 안전관리 강화
 - * 시설·대상물질 범위 확대, 기준 개선, 환경유해인자 관리 강화 등
- 어린이 안심환경 조성을 위한 교육·홍보 확대
 - * 조사·관리사례·경험 등을 토대로 환경안전관리 가이드라인 마련



생리대 건강영향조사

- 단계적 건강영향조사 및 조사 과정의 투명성 제고
 - * 기획·시범조사(∼'18.6) → 정밀조사('18.7~), 단계별 정보제공 등
- 임산부·여성질환 관련 연구 확대
 - * 국가단위 건강조사와 연계 추진(질병관리본부와 협의, '18.6~)



취약계층 환경보건 서비스 증진

- 취약계층 환경보건서비스 지원 강화
 - * 취약계층, 독거노인 등 대상 주거공간 무료진단·개선서비스(1.5천가구)
- 현장 중심 교육·체험 서비스 제공
 - * 건강나누리 캠프(4천명), 환경보건콘서트(4회), 보건이동학교(35회) 등



37

5-3. 국민이 체감하는 환경보건 서비스 제공

■ 환경오염 피해구제 강화

선진적 환경역학조사 체계 정비

- 환경역학조사의 조사항목 및 방법, 조사체계 명확화('18.6)
 - * 중앙·지역 환경역학조사반 및 환경역학조사관 도입('18.3~)
- 사후관리 및 피해구제 등 연계 강화('18.상)
 - * 역학조사위원회 및 조사반 등을 활용, 인과관계 규명 시 적극적 피해구제

피해구제 사각지대 해소

- (가습기살균제) 피해 원인 규명, 조속한 판정 및 인정범위 확대
 - * 조사·판정병원('15년 1개→'17년 20개), 폐렴 등 확대 추진
- (생활화학제품) 살생물제 등을 포함한 통합 피해구제체계 구축
- (석면) 석면 건강영향조사 확대, 거점병원 주도 피해자 발굴 확산

적극적이고 선제적인 피해구제

- (가습기살균제) 특별구제계정 활용, 피해구제의 실효성 제고
 - * 3·4단계 피해자, 긴급 의료지원, 부도기업 또는 가해자가 불분명한 경우 등
- (생활화학제품) 구제급여 선지급('18.1~, 시범사업결과 토대로 법제화)
- (석면) 급여항목·수준 및 요양급여 후불사업 확대 등 편의 제공

38

감사합니다!



2018년 충남환경보건열린포럼
충청권 보건소장 환경보건 워크숍

충청권 환경문제와 환경보건정책

2018.4.27



충남연구원
ChungNam Institute

명 형 남

목 차

01

충청권의 환경문제 현황

02

충청권의 환경보건정책

I. 충청권의 환경문제 현황

1. 충청권의 입지와 인구현황
2. 주요 환경문제
3. 환경성질환자 현황

1. 충청권의 입지와 인구현황

입지

● 충청권(충남, 세종, 대전)

- 충남은 8개 시, 7개 군 구성, 총면적 8,204.5km²로 전국(100,266km²)의 약 8.2% 차지
- 세종은 1읍, 9면, 6행정동 구성, 총면적 465.0km²로 전국(100,266km²)의 약 0.46% 차지
- 대전은 5구 79행정동 구성, 총면적 539.3km²로 전국(100,266km²)의 약 0.54% 차지
- 충남을 기준으로 북쪽은 경기도, 동쪽은 충청북도, 세종시, 대전시, 남쪽은 전라북도, 서쪽은 서해와 연접함



1. 충청권의 입지와 인구현황

충남의 인구특성

● 충남 전체 인구

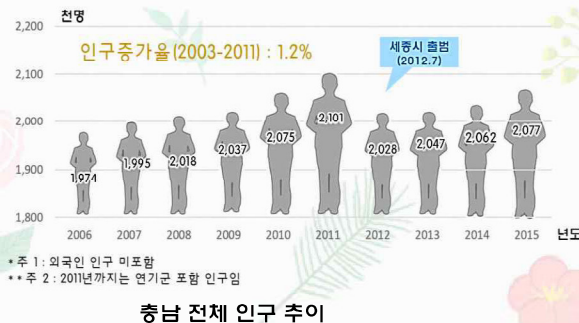
- 2015년 말 기준 총 인구는 2,077천명이고 2012년 7월 세종시 출범으로 인해 인구가 감소하였다가 다시 증가하고 있음

● 65세 이상 인구 증가

- 충남 대부분의 시·군에서 65세 이상 인구의 증가 경향이 뚜렷하게 나타남

● 영유아 인구 감소

- 인구가 증가하는 아산시, 당진시, 천안시를 제외한 대부분의 지역에서 영유아(0세~9세)의 인구 감소가 나타남



지자체	인구(명)	지자체	인구(명)
천안시	64,915(10.7%)	금산군	3,697(6.9%)
공주시	7,450(7.0%)	부여군	3,947(5.3%)
보령시	7,831(7.5%)	서천군	3,113(5.5%)
아산시	38,173(13.4%)	청양군	1,762(6.2%)
서산시	17,401(10.2%)	홍성군	7,790(7.7%)
논산시	9,005(7.3%)	예산군	5,025(6.3%)
계룡시	4,734(11.6%)	태안군	4,068(6.4%)
당진시	18,325(11.6%)	(2015년 기준)	



영유아 인구추이

5

1. 충청권의 입지와 인구현황

세종의 인구특성

● 세종 전체 인구

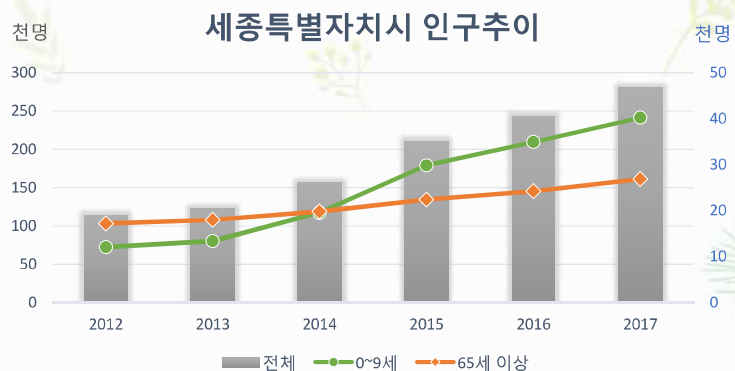
- 2015년 말 기준 총 인구는 211천명이고 2012년 7월 세종시 출범 이후 꾸준히 증가하고 있음

● 65세 이상 인구 증가

- 세종시 출범 이후 지속적으로 증가하는 추세 나타남

● 영유아 인구 증가

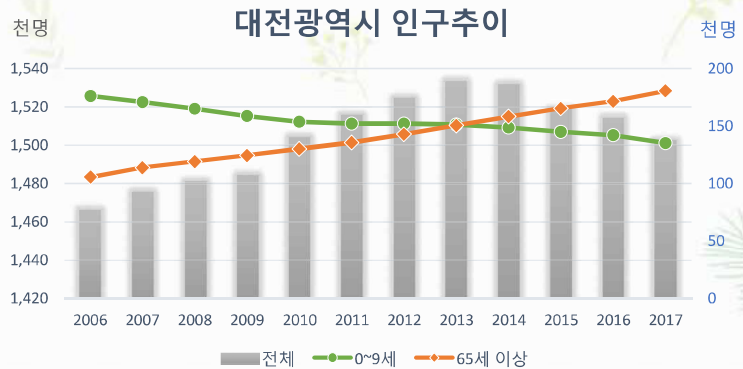
- 대부분의 지자체 및 전국적으로 영유아(0세~9세)의 인구가 감소하는 추세와 달리 세종시의 영유아 인구수는 급격하게 증가하고 있음



6

1. 충청권의 입지와 인구현황

대전광역시 인구특성



● 대전 전체 인구

- 2015년 말 기준 총 인구는 1,519천명이고 2013년까지 증가 추세였다가 감소하고 있음

● 65세 이상 인구 증가

- 대전광역시의 모든 행정구역에서 65세 이상 인구는 지속적으로 증가하고 있음

● 영유아 인구 감소

- 유성구를 제외한 대부분의 행정구역(동구, 서구, 중구, 대덕구)에서 영유아(0세~9세)의 인구 감소가 나타남

7

2. 주요 환경문제

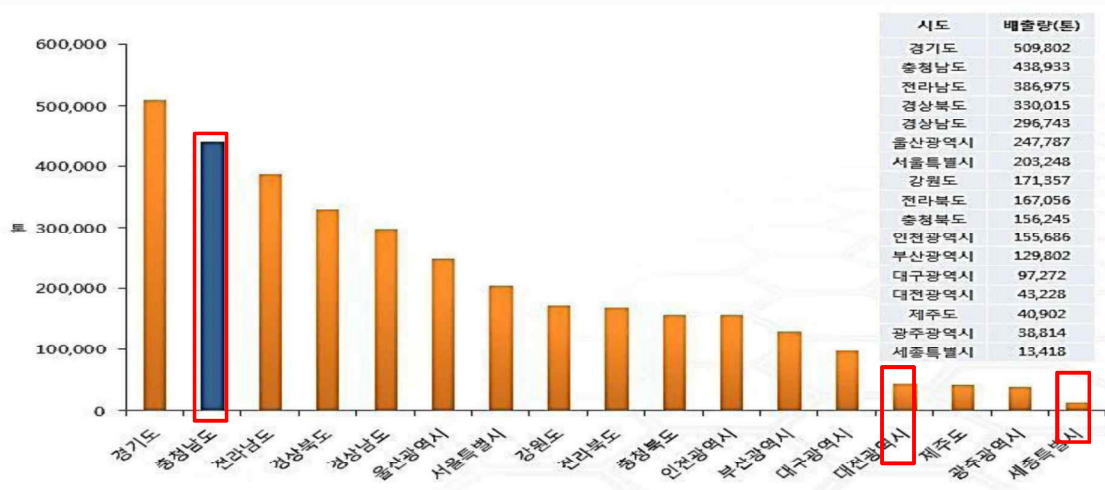
산업단지의 확대



2. 주요 환경문제

대기오염물질

- 충남은 대기오염물질 배출량 438,933톤으로 전국 2위
- 대전시는 43,228톤으로 14위
- 세종시는 13,418톤으로 17위



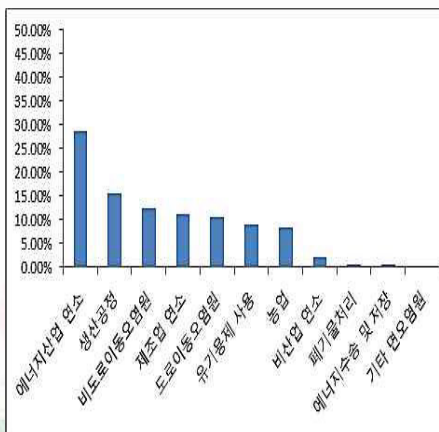
전국 대기오염물질 배출량(2014년 기준)

11

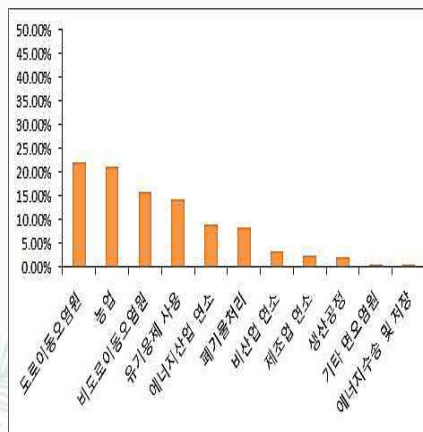
2. 주요 환경문제

오염원별 대기오염물질 배출량

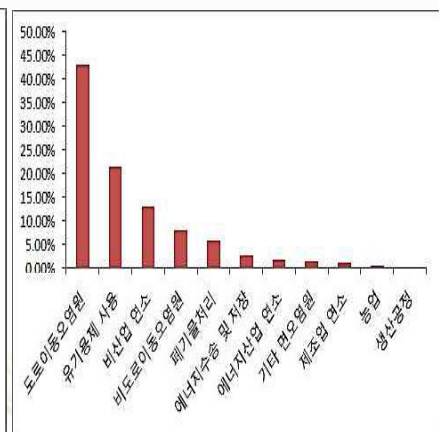
- 전국의 오염원별 배출량은 도로이동오염원이 가장 많고, 유기용제사용, 비도로이동오염원, 제조업 연소 순서로 많음
- 충남은 에너지산업연소부분이 가장 많음(전체배출량의 28.8% 차지)
- 세종은 도로이동오염원부분이 가장 많음(전체배출량의 22.02%차지)
- 대전은 도로이동오염원부분이 가장 많음(전체배출량의 43.19%차지)



충남(2014년 기준)



세종(2014년 기준)



대전(2014년 기준)

12

2. 주요 환경문제

석면(석면함유)광산 및 자연발생석면분포

- 충남은 자연발생석면과 석면(석면함유)광산지역으로부터 석면노출 위험성이 가장 높은 지역

전국 석면함유가능 암석 면적 현황

단위 : km²

구분	가능성 높은 지역 = 초엽기성암(1)	가능성 중간 지역 = 열기성암(2)	가능성 낮은 지역 = 변성퇴적암 및 기타 암석(3)	합계 (1+2+3)
강원도	5.95	624.04	1,048.93	1,678.92
경기도	9.3	135.18	543.54	688.02
경상남도	0	330.69	79.76	410.45
경상북도	21.91	494.76	293.45	810.12
대구광역시	0.06	45.04	2.96	48.06
대전광역시	0	16.54	3.96	20.5
부산광역시	0	5.51	0	5.51
서울특별시	0	0.79	15.82	16.61
세종특별자치시	0	21.04	2.9	23.94
울산광역시	1.32	1.02	0	2.34
인천광역시	0	108.98	15.95	124.93
충청남도	157.25	178.57	207.53	543.35
충청북도	3.05	277.49	342.22	622.76
전라남도	8.52	128.86	144.39	281.77
전라북도	0	114.81	108.67	223.48
광주광역시	0	3.02	2.3	5.32
제주도	0	0	0	0
총 합계	207.36	2,496.34	2,812.38	5,506.08
(%)	(0.206)	(2.469)	(2.793)	(5.467)

전국과 충남의 폐석면광산 분포

구분	총계	충남(66%)						
		소계	보령	서산	청양	홍성	예산	태안
석면 광산수	38	25	5	1	3	10	3	3

타시도(34%)					
소계	경기	강원	충북	경북	전남
13	4	2	2	3	2

13

2. 주요 환경문제

전국 석면건축물 현황

구분	석면건축물 수	위해성등급			
		높음	중간	낮음	기타
합계	24,868	5	1,798	22,591	474
서울	3,093	3	150	2,829	111
부산	1,649	-	69	1,563	17
대구	1,056	-	96	942	18
인천	929	-	38	881	10
광주	660	-	184	444	32
대전	991	-	7	983	1
울산	368	-	10	357	1
세종	86	-	12	73	1
경기	3,959	-	281	3,534	144
강원	1,611	-	254	1,347	10
충북	1,200	-	16	1,174	10
충남	1,474	-	123	1,337	14
전북	1,588	-	123	1,441	24
전남	1,489	-	229	1,238	22
경북	2,211	-	71	2,102	38
경남	2,106	1	99	1,992	14
제주	398	1	36	354	7

전국 석면건축물 현황

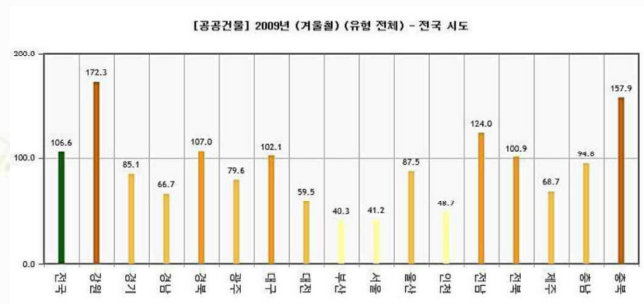
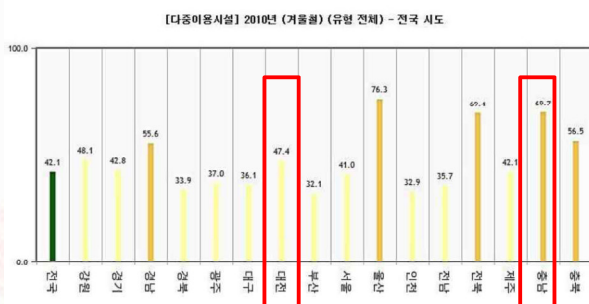
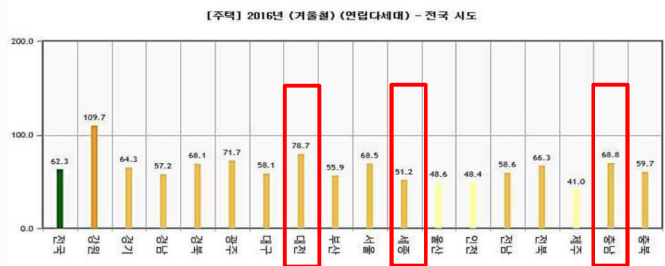
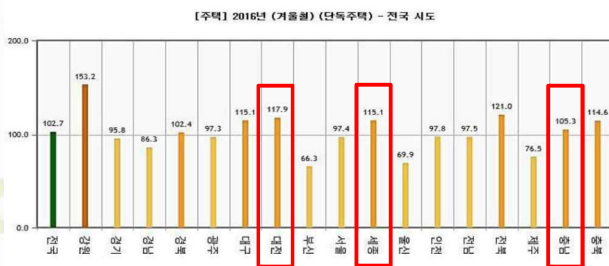


자료 : 환경부(2017.11.17기준)

14

2. 주요 환경문제

라돈



※ 다중이용시설 권고기준 : 148 Bq/m³, 공동주택 권고기준 : 200 Bq/m³ (실내공기질 관리법)

자료 : 생활환경정보센터

15

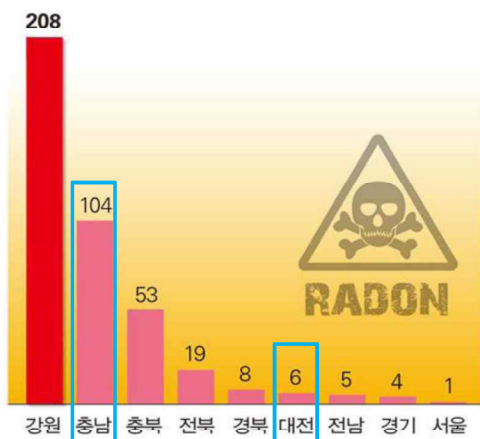
2. 주요 환경문제

라돈

- 전국 초중고의 실내라돈 측정결과, 충남(104개교_초등학교는 55개교),
- 대전(6개교_초등학교는 4개교), 세종은 없었음

지역별 라돈 검출 학교 수

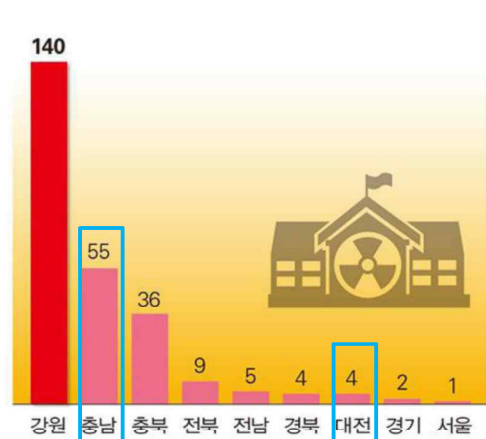
(단위: 개)



자료: 교육부

지역별 라돈 검출 초등학교 수

(단위: 개)



자료: 교육부

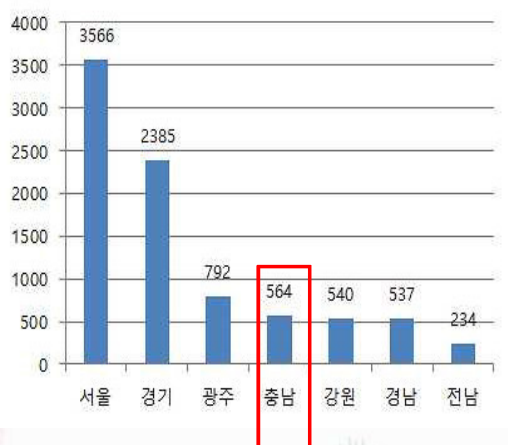
자료: 2017년 학교 실내공기질 측정 결과(교육부)

16

2. 주요 환경문제

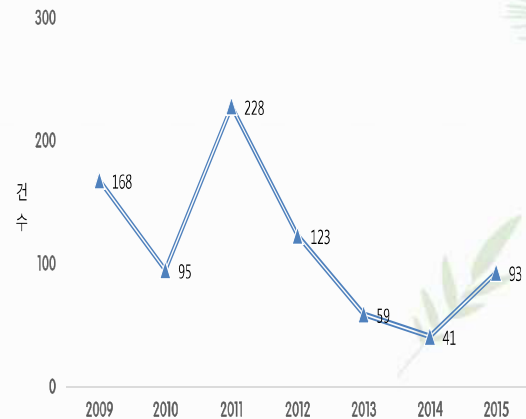
빛공해

- 생태계와 인체건강에 영향을 일으키는 빛공해의 경우, 충남의 민원사례 발생이 서울, 경기, 광주 다음으로 많은 것으로 나타남



전국 빛공해 민원사례(2000~2013)

(환경부 자료분석, 2000~2013)



충남의 연도별 민원사례 추이(2009~2015)

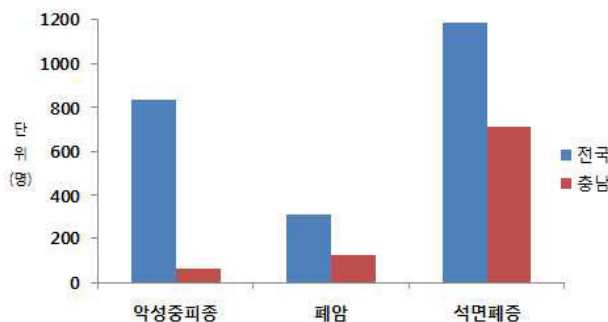
(충남도청 자료분석, 2009~2015)

17

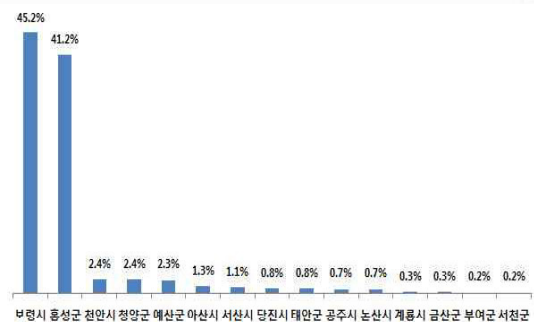
3. 환경성질환자 현황

석면(석면함유)광산 및 자연발생석면분포 지역 피해자

- 전국의 석면피해자수(질환자+특별유족)는 2,511명이며 그 중에서 충남의 석면피해자수가 952명으로 전체의 약 38%를 차지
- 충남의 석면질환자는 자연발생석면 지질분포면적이 넓은 보령과 홍성에 많이 분포



전국과 충남의 석면피해자수(질환자+특별유족) 현황
2017년 6월 기준



충남 시·군별 석면피해자수
2017년 6월 기준

18

3. 환경성질환자 현황

충남 서천의 구)장항제련소 지역 피해자

- 장항제련소 주변지역의 주민건강영향조사 결과, 주민 687명 중 **165명**(24.0%)가 세계보건기구 카드뮴 인체 노출 참고치 초과. 사후관리 진행

구분	카드뮴		혈중 납 ($\mu\text{g}/\text{dl}$)
	혈중 ($\mu\text{g}/\text{l}$)	노중 ($\mu\text{g}/\text{g}_{\text{crea}}$)	
(비교) 폐금속광산 주변지역	1.64	2.75	3.26
구)장항제련소 주변지역	3.12	3.47	4.53

(충남도청, 2012)

충남 태안의 기름유출사고 피해자

- 기름 유출 이후 급성건강영향이 나타남에 따라 중장기적인 추적 건강영향 모니터링 조사 실시

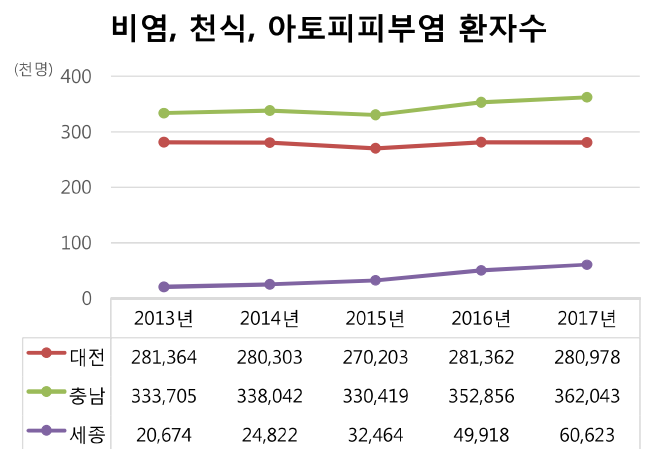


19

3. 환경성질환자 현황

알러지비염 (J30), 천식 (J45, J46), 아토피피부염 (L20)

심사 년도	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
요양기관소재지 구분	환자수	환자수	환자수	환자수	환자수
계	8,204,481	8,203,814	8,044,431	8,436,467	8,508,507
서울	1,680,086	1,682,161	1,602,999	1,677,922	1,688,678
부산	525,460	529,704	520,631	531,411	522,119
인천	480,632	472,920	465,193	503,610	507,633
대구	413,095	413,284	396,137	403,234	405,132
광주	260,137	255,764	253,985	251,369	254,087
대전	281,364	280,303	270,203	281,362	280,978
울산	216,440	209,794	206,394	211,440	217,690
경기	2,060,952	2,081,635	2,055,808	2,206,880	2,251,975
강원	216,137	212,468	213,519	227,064	231,186
충북	234,716	236,482	233,162	242,552	250,344
충남	333,705	338,042	330,419	352,856	362,043
전북	298,215	297,042	297,118	304,419	302,276
전남	281,330	285,473	278,783	286,103	282,198
경북	386,174	396,295	393,238	399,111	395,802
경남	600,403	586,365	589,950	608,668	595,092
제주	110,893	110,945	110,156	122,428	127,446
세종	20,674	24,822	32,464	49,918	60,623



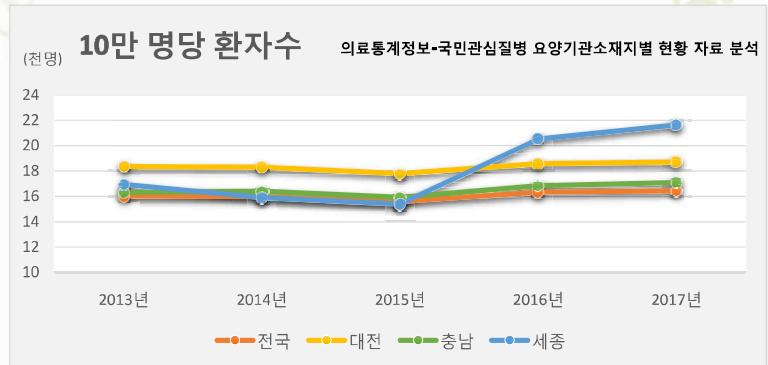
의료통계정보-국민관심질환 요양기관소재지별 현황 자료 분석

20

3. 환경성질환자 현황



알러지비염 (J30)
천식 (J45, J46)
아토피피부염 (L20)



● 충남 환자수 추이

- 2017년 말 인구 대비 환자수는 10만명당 17천명이고 매년 전국대비 약 200~500명 높은 수준으로 나타남

● 세종 환자수 추이

- 2015년까지 감소하다가 2016년에 급격하게 증가하였음
- 2017년 말 인구 대비 환자수는 10만명당 22천명으로 전국 대비 약 5,000명 높았음

● 대전 환자수 추이

- 2017년 말 인구 대비 환자수는 10만명당 19천명이고 매년 전국대비 약 2,000명 높은 수준임

21

Ⅱ. 충청권의 환경보건정책

1. 중앙정부 주도 계획
2. 충청권 지자체 주도 계획
3. 충청권 지자체의 자치 법규 및 전담조직
4. 환경보건센터
5. 환경성질환 예방관리센터
6. 시사점

1. 중앙정부 주도 계획

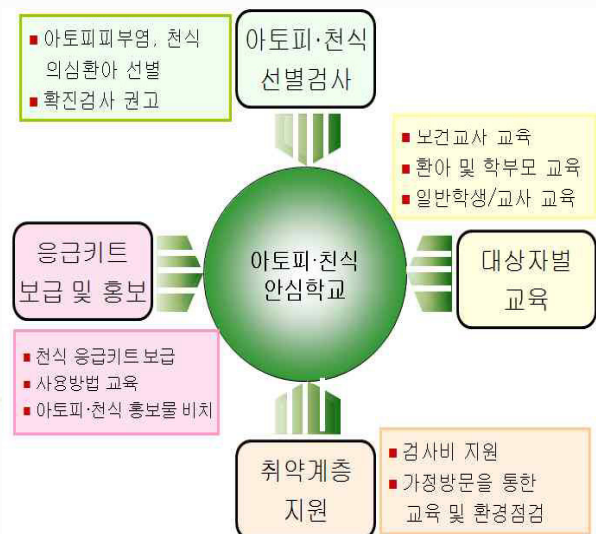
어린이환경보건종합계획
(2013~2017)

Vision

- 환경성질환 사전예방 체계 강화를 통한 어린이 건강보호

추진전략

- 선제적 어린이 환경유해
인자 관리방안 마련
- 어린이 용도 환경유해
인자 안전관리 강화
- 어린이 환경성질환 예방
· 관리를 위한 조사 · 연
구 확대
- 어린이 환경보건 인식
제고를 위한 대내 · 외
소통강화



자료 : 보건복지부, 2014

2. 충청권 지자체 주도 계획

충남 환경보건종합계획(2017~2020) 비전, 추진전략 등

비전

쾌적한 환경, 건강한 사람, 행복한 충청남도

미래상 (목표)

환경보건을 선도하는 충남

누구나 건강한
총남

추진 전략

지역 주도
환경보건
역량 강화

지역
환경보건
조사연구
기반 구축

도민
공감형
환경보전
확대

환경오염
의한
취약지역
건강격차
해소

새로운
환경유해인자
예방관리

추진
사업

최종 29개 추진사업
(신규 12개, 보완 6개, 기존 10개, 1차 미이행 1개)

25

2. 충청권 지자체 주도 계획

 충남 환경보건종합계획(2017~2020) 사업 추진 로드맵

연도	2017	2018	2019	2020
지역 주도 환경보건 역량 강화		충남 환경보건열린포럼 구성·운영		
		환경보건인력 강화 방안		
		환경보건 교육확대 강화		
지역 환경보건 조사연구 기반 구축		충남형 환경·보건 정보관리시스템 구축		
		충남형 환경보건지표 개발 및 활용		
환경 보건을 선도하는 충남		시민참여형 환경보건리빙랩 시범사업		
		우리동네 환경위해정보 소통		
		석면피해자 건강관리서비스사업		
		석탄화력발전소 주변 가정 실내공기질 측정		
		건강취약계층 이용시설 실내공기질 측정		
		다중이용시설 등의 실내공기질 관리		
		어린이 활동 공간 환경위해성 관리		
		석면피해자 구제급여 지급		
		어린이집 보육실 실내공기질 측정·컨설팅		
		석면피해자 힐링캠프 운영		
도민 공감형 환경보건 확대		건축물 석면 안전관리		
연도	2017	2018	2019	2020
환경 오염에 의한 취약지역· 계층 건강격차 해소		석탄화력발전소 주변지역 어린이건강영향조사 유해중금속 노출경로조사 및 저감방안		
		학교 주변 대기오염 수준 실태 조사 및 위험요인 관리		
		송전선로 주변지역 역학조사		
		환경오염취약지역 주민건강영향 조사		
		석탄화력발전소 주변지역 주민건강영향조사		
누구나 건강한 충남		태안 유류피해지역 주민건강영향조사		
		구)장항제련소 주변 주민건강 사후관리사업		
		인공 빛공해에 의한 건강피해 예방·관리		
		자연발생석면 지진대를 중심으로 한 건강피해 예방관리		
		라돈에 의한 주민건강피해 예방·관리		
새로운 환경유해 인자 예방관리		어린이 골건강 프로그램 개발 및 운영		
		사회취약계층 환경성질환 예방사업		

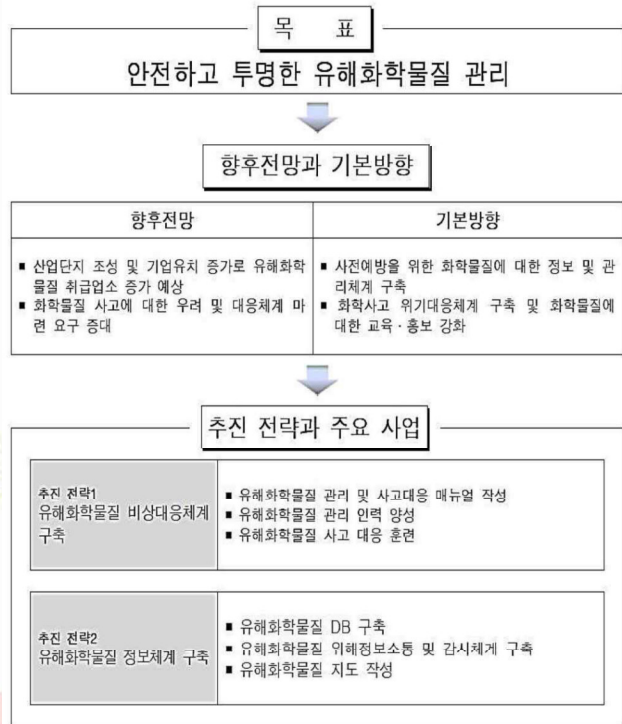
26

2. 충청권 지자체 주도 계획

세종시 환경보전종합계획(2014~2018)



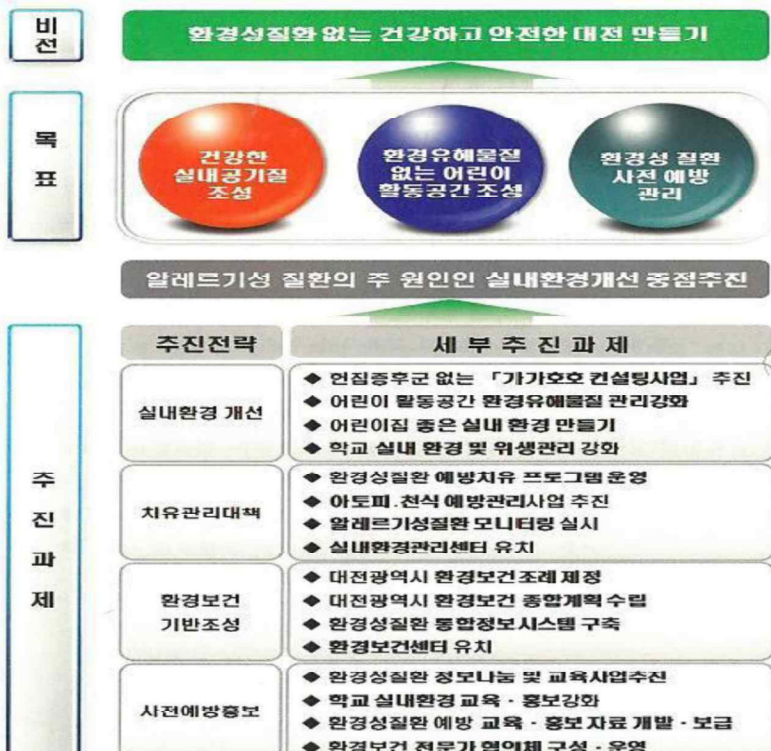
자료 : 세종시, 2014



27

2. 충청권 지자체 주도 계획

대전시 환경성질환 종합대책



자료 : 대전시, 2016

28

3. 충청권 지자체의 자치 법규 및 전담조직

자치 법규(전국 2곳) 국기법령정보센터 2018년 4월기준

● 충청남도

- 전국 지자체 최초로 '환경보건조례' 제정(2012)
- '환경보건조례' 제9조(환경보건종합계획의 수립)

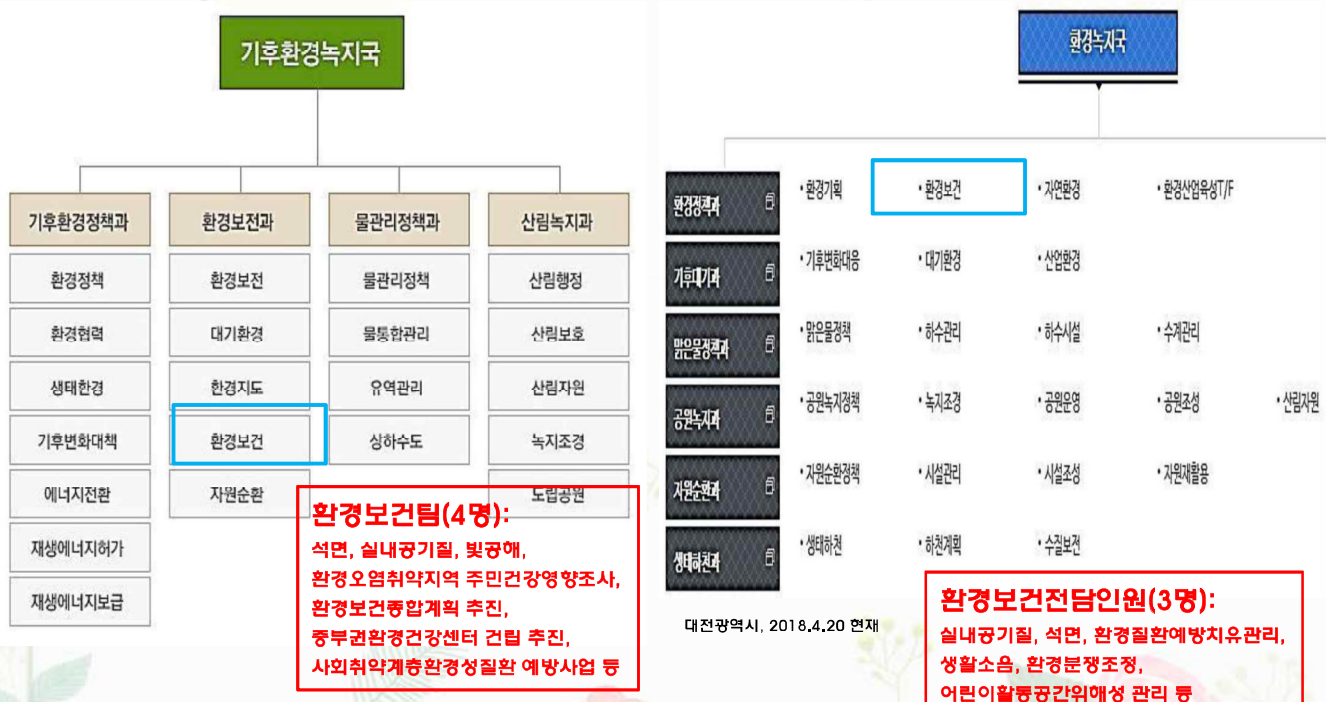
Cf) 서울시

- '환경보건 및 지역사회 알권리 조례' 제정(2018.1.4)
- '환경보건 및 지역사회 알권리 조례' 제7조(환경보건 및 화학물질 관리계획)의 수립

29

3. 충청권 지자체의 자치 법규 및 전담조직

환경보건 전담 조직(충남, 대전)



※ 참고 : 서울시는 시민건강국/생활보건과/환경보건팀(전담인원 7명)

30

4. 환경보건센터

환경보건센터(환경부 지정)

분 야(지정일자)	주관기관(소재지)	주요사업 내용
소아발달장애(2007.6.25)	단국대 의료원(천안)	- 환경요인에 의한 소아발달장애 등 정신질환 예방관리 - 생체시료은행 구축 및 질환특성에 따른 부모교육
아토피피부염(2007.6.25)	삼성서울병원(서울)	- 아토피피부염의 특성 연구, 아토피유발 검사실 운영 - 환자의 영양, 신체, 심리평가 분석
천 식(2007.6.25)	고려대 안암병원(서울)	- 전국 대상 천식 유발 환경 요인 연구 및 천식 예방 - 특이성 분석 및 홈페이지를 통한 질환관련 정보 제공
선천성기형(2008.6.19)	서울대 의과대학(서울)	- 출산 전·후 육체적 질환 예방·관리 연구 - 선천성기형 발생과 주변 환경인자와의 상관관계 규명
알레르기질환(2008.6.19)	인하대 병원(인천)	- 알레르기질환 발생현황과 환경요인 연구 및 예방 - 알레르기질환 예방 및 교육홍보 가이드 개발
소아암(2008.6.19)	화순전남대 병원(화순)	- 환경요인에 의한 백혈병 등 소아암 예방 연구 - 발암물질 유전자에 대한 기능이상 및 유전변이 분석
석면중독(2008.6.19)	부산대 의학전문대학원(부산)	- 석면 고위험자(일반인) 코호트 구축 - 석면과 중독증의 상호작용 연구
아토피피부염/비염(2008.6.19)	제주대 의학전문대학원(제주)	- 도사지역알레르기질환발생현황과 환경요인연구및예방 - 아토피질환 진단기법 개발 및 생체시료은행 등 구축
유류유출오염(2008.7.1)	태안보건의료원(태안)	- 유류에 의한 환경영향 조사·연구 및 통제, 자료관리 - 건강검진, 의로서비스 및 사회심리 연구
석면폐질환(2009.2.19)	순천향대 천안병원(천안)	- 석면폐질환과 환경요인과의 상관성 조사연구 - 관련정보 제공 및 예방가이드라인 제공 등
아토피질환(2009.3.22)	울산대학교병원(울산)	- 도시내 공단인근, 내륙주거, 연안주거별 아토피질환 특성 연구 및 예방
유해화학물질 (가습기살균제폐해)(2010.7.29)	서울아산병원(서울)	- 장기적인 건강모니터링, 정신건강 상담 및 치료 - 폐 이의 장기(간, 신장, 심장 등)의 영향 조사
호흡기질환(2012.4.6)	강원대학교병원(춘천)	- 호흡기질환과 환경요인과의 상관성 조사연구 - 관련정보 제공 및 교육·홍보 등
중금속 노출(2012.10.26)	동아대학교부산	- 중금속노출과 건강영향과의 상관성조사연구 - 관련정보 제공 및 교육·홍보 등
유해가스 (2013. 5.20)	순천향대 구미병원(구미)	- 유해가스노출과 건강영향과의 상관성 조사연구 - 관련정보 제공 및 교육·홍보 등

2018년 4월 원주연세대학교(라돈) 지정취소

31

5. 환경성질환 예방관리센터

환경성질환 예방관리센터(안)

지역	기존 인프라	명칭[문의처]
수도권	국립자연휴양림	산음[(031)774-8133], 우악산[(031)534-6330], 유명산[(031)589-5487], 중미산[(031)771-7166]
	환경보건센터	서울대 의과대학[02-741-2700], 고려대 안암병원[02-920-5464], 삼성서울병원 아토피환경보건센터[1599-3114], 인하대병원[032-890-2825]
	민간체협창	도리 놀랑마을[010-9353-0977], 맹산 반딧불이자연학교[031-702-5610], 부래미마을[031-643-0817], 수가리[010-6293,2955], 진산물고기관광농원[031-988-1500]
강원권	국립자연휴양림	가리왕산[(033)562-5833], 검봉산[(033)574-2553], 대관령[(033)644-9990,032], 두터산[(033)673-1806], 미천골[(033)673-1806], 망태산[(033)463-8590], 백운산[(033)766-1063], 복주산[(033)458-9426], 삼봉[(033)435-8506], 흥내[(033)462-5031], 홍학산[(033)243-9261], 정태산[(033)343-9707]
	환경보건센터	연세대 원주캠퍼스[-], 강원대학교 병원[-]
	민간체협창	대굴령마을[033-648-0406], 양양택장사마을[033-673-2526], 연곡 신왕리 마을[033-661-4977], 강릉 해살이마을[033-647-0115], 화천하늘빛호수마을[033-441-6758], 횡성 고라대마을[010-5453-0464]
충남권	국립자연휴양림	오서산[(041)936-5465,5468], 용현[(041)664-1978], 회리산행승[(041)953-9981,2230]
	환경보건센터	단국대의료원[041-550-3095], 태안보건의료원[041-671-5364], 순천향대 천안병원[041-570-3812]
	민간체협창	홍성 홍봉산 체협마을[041-632-0090], 가파마을[041-940-2401], 태안노을지는 갯마을[041-674-5842], 서천 이색체협마을[041-951-1442], 이산 내이담 마을[041-544-4633]
전북권	국립자연휴양림	덕유산[(063)322-1097], 오장산[(063)432-1193], 회문산[(063)653-4779]
	민간체협창	트리스쿨[063-324-3392], 하늘네 들꽃마을[063-353-5185], 성매골 선산마을[063-561-3553]
전남권	국립자연휴양림	낙안민속[0611754-4400], 방장산[0611394-5523], 천관산[0611867-6974]

지역	기존 인프라	명칭[문의처]
전남권	환경보건센터	화순전남대 병원[-]
	민간체협창	보성 독랑마을[061-853-2885], 보성골 망태다원[https://www.gomangtae.com], 담양시목마을[061-383-9463], 전남 강진다원[061-432-5500], 섬진강 자연학습원[061-363-2582]
경북권	국립자연휴양림	검마산[(054)682-9009], 대이산[(054)682-9009], 문문산[(054)373-1327], 청옥산[(054)672-1051,1052], 철보산[(054)732-1607], 통고산[(054)783-3167]
	민간체협창	풀과 빛마을[054-372-8809], 소백산다사포도마을[054-635-1138], 모동지창마을[054-531-1706], 안동다래원[054-823-4079]
제주권	환경보건센터	제주대 의학전문대학원[064-754-3808]
	민간체협창	서광다원[064-794-6600], 제주도에촌[064-792-0052], 갈중이[064-794-1686], 고내촌[064-799-1747], 애래생태마을[064-738-6613]

공주시 환경성건강센터

자료 : 환경성질환 예방관리센터 운영관리 가이드라인, 2013

32

6. 시사점



충청권의 강점

: 환경보건정책 추진 관련 인프라확대 · 강화

- 충청남도는 전국 지자체 최초로 환경보건조례와 환경보건종합계획을 수립, 환경보건 전담팀이 환경보건정책을 추진
- 대전시는 환경성질환 종합대책을 수립하고 환경보건 전담팀이 환경보건정책을 추진
- 환경부 지정 환경보건센터 3개 위치(단국대의료원, 순천향대, 태안의료원)
- 충남연구원, 대전세종연구원, KEI 등 연구기관 등의 환경보건 관련 연구기능역량 강화
- 단국대, 순천향대, 공주대, 을지대, 건양대 등 환경보건 관련 학과
- 최근 충남 공주시에 '중부권환경성건강센터' 건립

33

6. 시사점



충청권의 한계점

: 산업단지와 대형환경오염배출사업장 집중으로 건강피해 우려 증가

: 주민들에게 밀접한 생활 공감형 정책 미흡 (정책추진과 실생활에서 체감하는 격차)

- 충청권은 수려한 자연환경 이면에 지리와 지질학적 요인들로 인해 환경과 건강피해 우려가 증가하고 있음
- 충청권은 도시와 농 · 어촌에서 발생하는 복합적인 환경문제가 발생, 이에 따른 환경성질환자 발생 예상
- 환경보건정책 기반은 형성되고 있지만 여전히 주민들이 실생활에서 체감하기에는 여전히 한계를 보임
- 주민들에게 다가가고 실생활에서 체감할 수 있는 사업과 서비스가 필요

34

6. 시사점

충청권 노령인구를 대상으로 한 환경유해인자 파악과 치유 및 예방 프로그램 개발 필요

- 충청남도, 세종시, 대전시 3개 시도 모두 65세 이상 인구가 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있음

세종시는 영유아(0세~9세)와 어린이 건강에 초점을 맞춘 환경성질환 사전 예방관리 대책 강화

- 충남과 대전은 영유아(0세~9세)인구가 감소하고 있고, 세종은 영유아 인구수가 급속히 증가하고 있는 추세
- 세종시는 영유아와 어린이에게서 유병률이 높은 알러지 비염, 천식, 아토피피부염이 2015년 이후 급속히 증가하고 있는 상황임

35

6. 시사점

충청남도는 지리·지질학적 특성, 환경사고에 따른 환경오염원특성, 이에 대한 건강예방관리 대책 강화

- 충남은 수도권과의 인접성, 서해안지역 등의 지리적 특성으로 석탄화력발전소와 대형환경오염배출사업장이 집중됨
- 지질학적 특성으로 자연발생석면과 우라늄, 라돈 등에 의한 노출위험이 상대적으로 높음
- 태안군의 기름유출사고 등

세종시와 대전시는 도시형 환경성질환의 예방관리 대책 강화

- 고정배출오염원보다는 자동차 등의 비고정 배출오염원의 영향이 상대적으로 높음
- 실내 공기질 또는 빛공해, 아토피·천식·알레지비염 등의 도시적 특성을 보이는 환경유해인자와 질환에 대한 위험이 상대적으로 높음

36

6. 시사점

충청권 아토피·천식 등 환경성질환 관련 기관의 프로그램 연계, 특성화 전략 필요

- 보건복지부, 환경부, 산림청 주도로 아토피·천식 등의 환경성질환 관련 프로그램이 전국에서 진행되고 있음
- 충청권도 지역 생태자원의 적극적인 발굴을 통해 연계된 프로그램을 활용할 필요가 있음
 - 충남은 산, 하천, 습지, 연안 등 생태적으로 우수(대부분 1~2등급 생태자연도)
 - 전세계적인 철새서식지(충남 서천 유부도)
- 생태 관광, 복지, 문화 등과 연계된 건강증진 프로그램 개발 등

[독일과 이탈리아 사례]

- 독일은 환경성질환의 예방관리를 위한 건강증진프로그램(산림욕, 정신요법, 영양요법, 운동요법) 등에 건강보험이 적용
- 숙박비와 의료비가 보험으로 지불되어 건강복지 차원에서 이용
- 이탈리아는 원예치유농업을 의료, 보건, 직업훈련, 일자리 마련 등의 복지와 환경성질환 프로그램으로 연계하여 운영

37

6. 시사점

보건소의 역할 확대 : 환경과 보건분야의 주민대상 환경보건서비스 강화

- 미국, 유럽 등 환경보건선진국은 환경과 보건 관련 기관의 협력체계를 구축하여 환경성질환의 예방관리프로그램을 진행
- 우리나라의 경우, 각 지역의 보건소가 해당주민을 대상으로 환경과 보건의 접점을 제공하는 프로그램을 진행할 수 있음
- 석면, 라돈, 아토피천식 등의 환경성질환 대상 환경보건서비스 가능
- 환경보건서비스를 위한 전담인력 배치
- 사각지대 관리 가능

38

- 중부권 환경성질환 예방관리 센터 -
공 주 환 경 성 건 강 센 터

2018. 4. 27.(금)



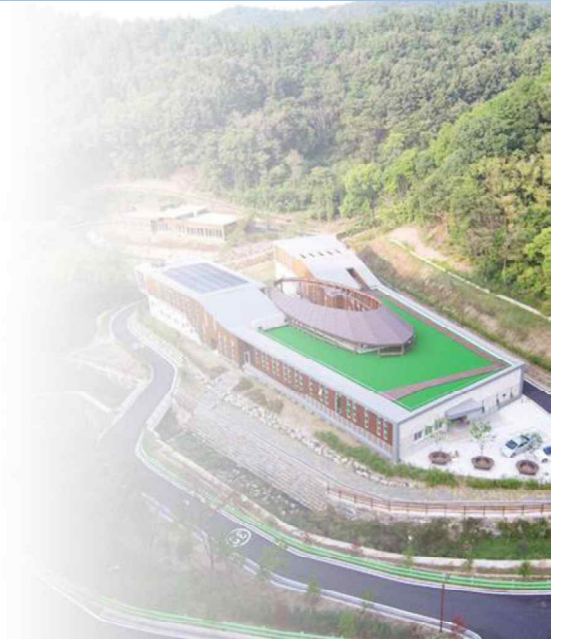
목 차

- 
- I. 환경성건강센터 소개
 - II. 일반현황
 - III. 설립목적
 - IV. 환경성질환이란
 - V. 운영방향
 - VI. 환경성질환 예방관리 프로그램 안내
 - VII. 센터 시설안내
 - VIII. 프로그램 이용방법
- 

소 개

공주환경성건강센터

- ◇ 건 립 : 2017년도(환경부, 공주시)
- ◇ 예 산 : 100억원(국 50, 도 25, 시 25)
- ◇ 운 영 : 공주시보건소
- ◇ 대 상 : 전국민(특히 중부권)
- ◇ 내 용 : 아토피 피부염, 천식, 알레르기비염 등
상담, 교육, 체험, 힐링 프로그램 제공



공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



일반현황

1. 위 치

충남 공주시 수원지공원길 131-21(금학동)
(공주산림휴양마을 내 위치)

2. 사업범위

중부권(대전, 세종, 충남, 충북) 시민 대상



공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



일반현황

- **운 영 : 직영(공주시보건소)**

- ◆ 인 력 : 5명 (팀장, 공보의, 직원 3)

- ◆ 예 산 : 718백만원 (도비 150, 시비 568)

- ◆ 내 용 : 환경성질환 예방관리 · 교육(식습관, 유해환경 등)

건강 측정, 상담, 힐링 및 체험프로그램 운영



- **개 관 : 2018. 3. 30.(금)**



공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



설립목적



공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



환경성질환이란

생활환경 속에서 **환경 오염물질**에 노출되어
인체의 외부를 자극하거나
흡수 또는 **축적**되어 발생하는 질병입니다.

아토피피부염, 천식,
알레르기성 비염이
대표적인 환경성질환입니다.

공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



환경과 건강

급격한 산업화로 환경오염 문제는 **복잡화 다원화**되고
있고 환경오염이 **국민 건강에 미치는 영향 증가**

수질오염에 의한 질환

유해 화학물질에 의한
중독증과 신경계 질환 등

대기오염물질과 관련된
호흡기 및 알레르기질환

환경오염사고로 인한
건강장해

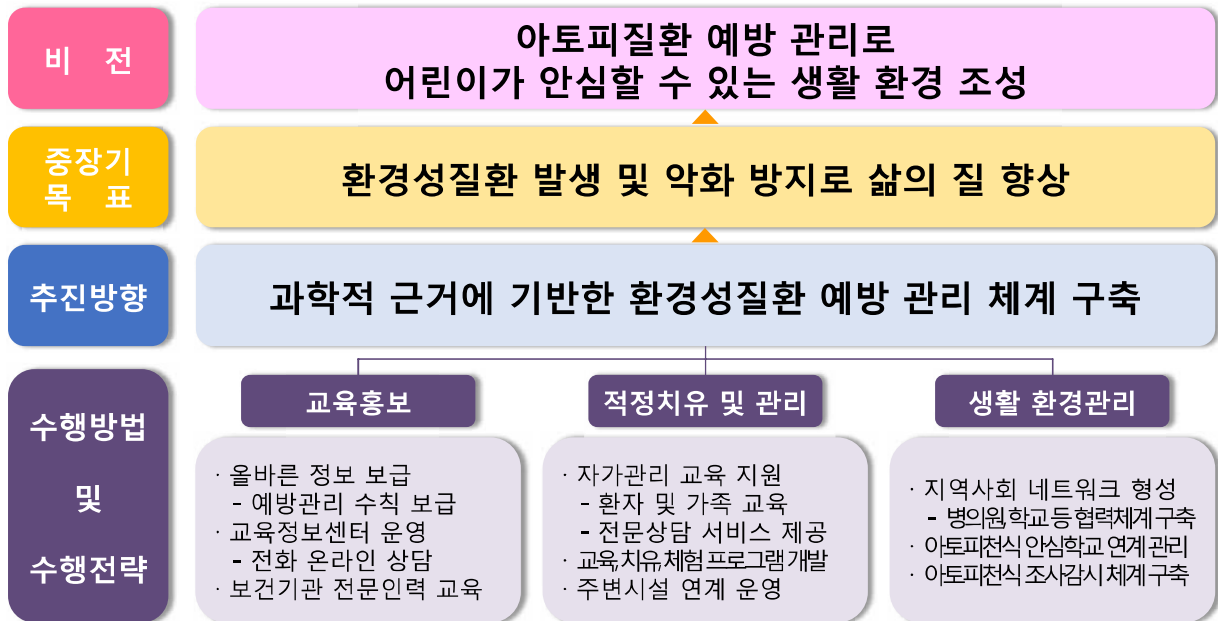
석면에 의한 폐질환



공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



운영방향



공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



그 동안 추진내용

- 2017. 04. 안심학교 알레르기질환 유병률 조사 및 보습제 지원
- 2017. 06. 환경성건강센터 자문위원회 개최
- 2017. 06. 한국어린이집 총연합회 공주지회 업무협약 체결
- 2017. 09. 환경성건강센터팀 이전
- 2017. 11. 교직원, 주민 대상 알레르기질환 예방관리 교육
- 2017. 11. 프리허그 그룹과 업무협약 체결

공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



그 동안 추진내용

- 2017. 12. 안심학교 힐링 캠프 및 아동극 공연
- 2017. 12. 운영조례 개정 및 홈페이지 구축 완료
- 2018. 02. 센터 내부 인테리어 공사 등 시설정비
- 2018. 03. 센터운영위원회 개최(2018년도 운영계획 수립)
- 2018. 03. 공주환경성건강센터 개관식 개최 및 유관기관 간담회
- 2018. 04. 미세먼지 대책수립을 위한 유관부서 회의



공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



프로그램 운영 내용

개인 프로 그램

- ◆ 알레르기 질환 예방관리 캠프
- ◆ 건강나누리캠프(계룡산국립공원 연계)
- ◆ 알레르기 질환 자조모임
- ◆ 전문인력 양성 교육



단체 프로 그램

- ◆ 고마랑공주랑
- ◆ 자연탐구생활
- ◆ 미술심리상담
- ◆ 힐링캠프
- ◆ 아동극공연
- ◆ 찾아가는 환경성질환 예방관리 교육



공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



개인프로그램

◆ 알레르기질환 캠프

프리허그 면역학교와 연계한 체험, 교육, 상담 캠프

◆ 건강나누리캠프

단체활동 및 체험활동을 통해 스스로 건강관리 할 수 있도록 돕는 프로그램

◆ 아토피 자조모임

알레르기질환에 관심 있는 부모와 일반인을 대상으로 전문가 강의 및 사례발표 등을 통해 집단 구성원 개개인이 도움을 얻는 모임

◆ 전문인력 양성교육

환경성질환 관련 종사자 및 관련자들의 전문성 향상을 도모하기 위한 프로그램

공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



단체프로그램

◆ 고마랑 공주랑

이용단체 요청에 맞게 환경성질환 예방관리 교육, 체험 프로그램 구성(20인 이상)

◆ 자연탐구생활

자연 속에서 계절 변화를 몸소 느끼게 해줄 어린이 숲 체험 프로그램

◆ 미술심리상담

미술활동을 통해 심리적 어려움과 마음의 문제를 표현하고 완화시키는 상담

◆ 힐링캠프

아토피, 천식 환자를 대상으로 건강생활 및 올바른 관리법 교육

공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



단체 프로그램

◆ 아동극 공연

인형극을 통해 환경성질환에 대한 올바른 정보 제공 및 건강한 생활습관 실천 유도

◆ 찾아가는 환경성질환 예방관리 교육

환경성질환 예방교육 및 정보제공 등을 통해 예방관리의 중요성을 인식하고 일상생활에서 활용해 자가관리능력을 기르도록 돕는 교육



공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



프로그램 운영 사진

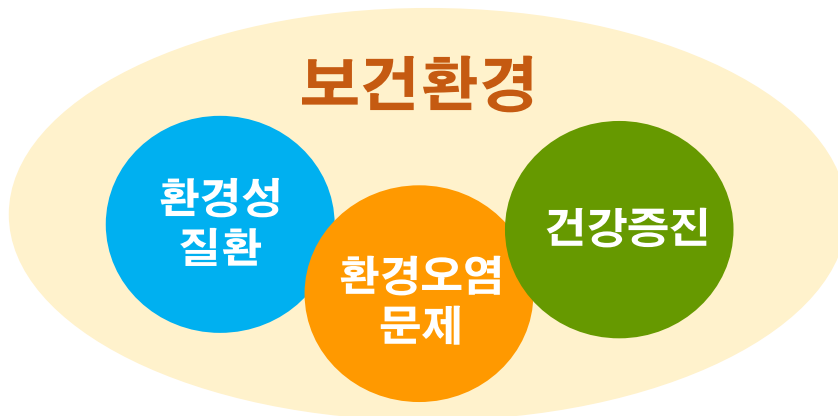


공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



앞으로 운영 계획

아토피피부염 등 **환경성질환** 뿐 **아니라** **중부권의 환경오염으로 인해**
발생하는 건강문제 등 보건환경분야의 포괄적인 사업 추진



공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



시설안내

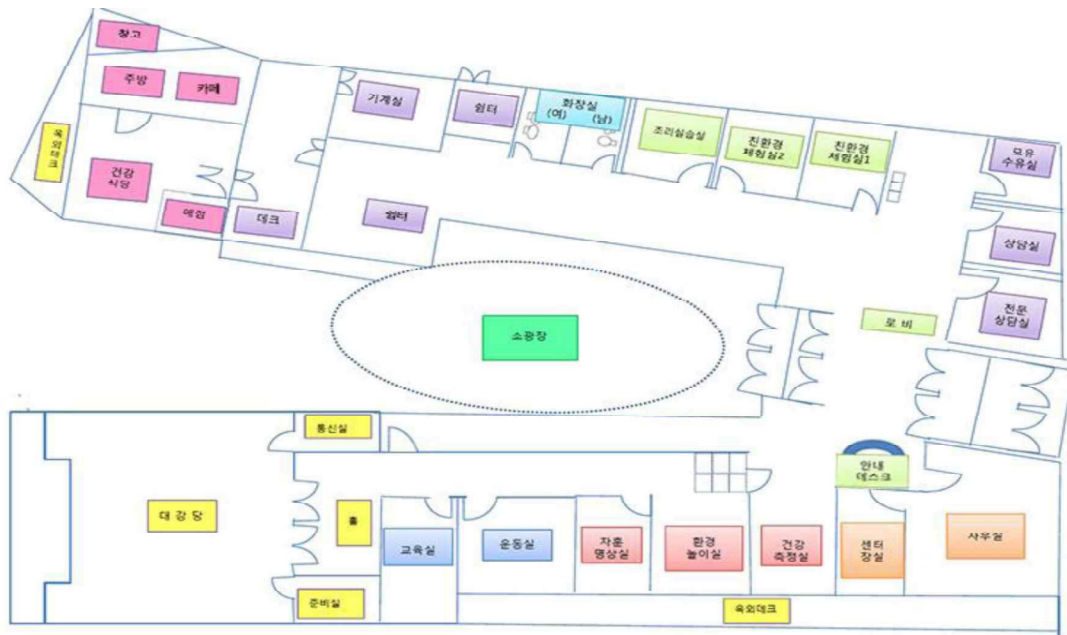


- 번호
1. 주차장
 2. 본관
 3. 체육관
 4. 야외정원
 5. 생태인공 및 정원
 6. 잔디마당
 7. 연못

공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



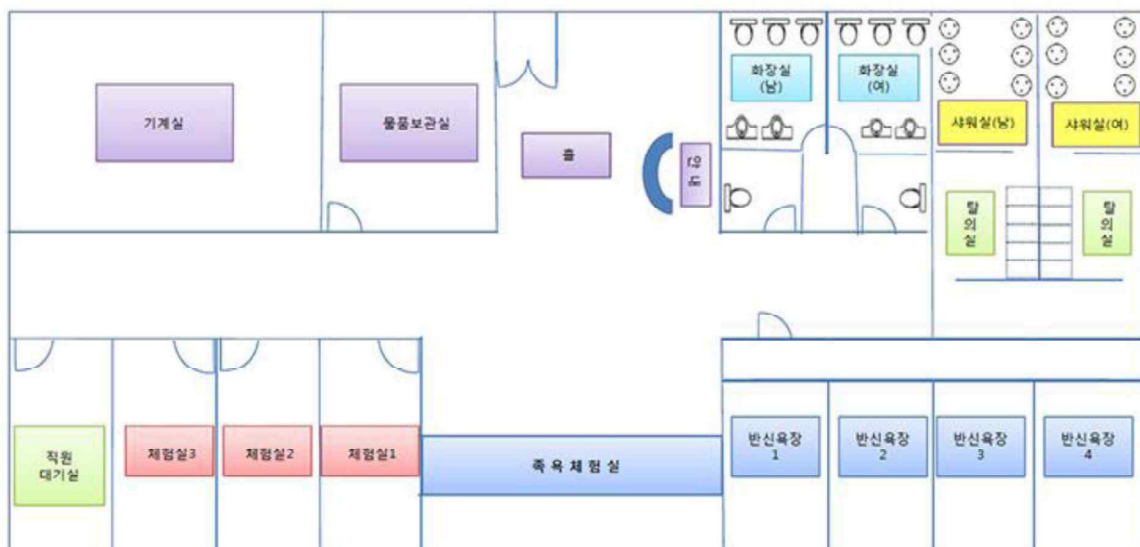
시설안내 [본관]



공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



시설안내 [별관]



공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



시설사진



공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



이용방법

▷ 홈페이지 예약

<http://www.gongju.go.kr/env-health/>

▷ 전화문의

☎ 041-840-8340

※ 환경성건강센터 프로그램은 단체예약만 가능

공주환경성건강센터(중부권환경성질환예방관리센터)



Thank You

공주환경성건강센터팀
041-840-8340



유류피해지역주민 건강영향조사

2018. 4. 27

태안군보건의료원 환경보건센터
박명숙

차례

This is agenda slide



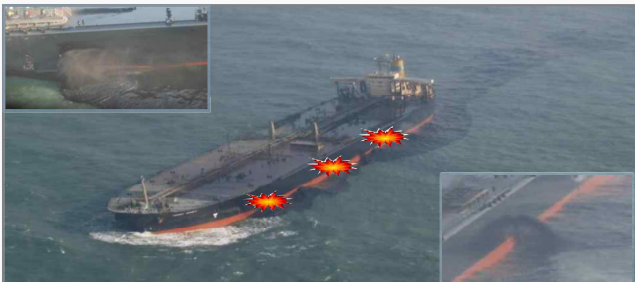
1. 유류오염사고 개요 및 급성기 건강영향결과
2. 태안환경보건센터 설립 배경 및 소개
3. 태안 지역주민 건강영향조사
4. 환경성질환 예방교육 및 홍보
5. 향후 방향



1. 유류오염사고 개요 및 급성기 건강영향 결과

허베이스피리트 유류오염사고 개요

- 2007년 12월 7일 오전 7시경
- 삼성중공업 해상크레인과 허베이스피리트호 충돌
- 충남 태안군 만리포 북서방 5마일 해상
- 원유 12,547 kl(약 10,900톤)가 해상에 유출
- 국내에서 발생한 가장 큰 규모의 해양오염사고

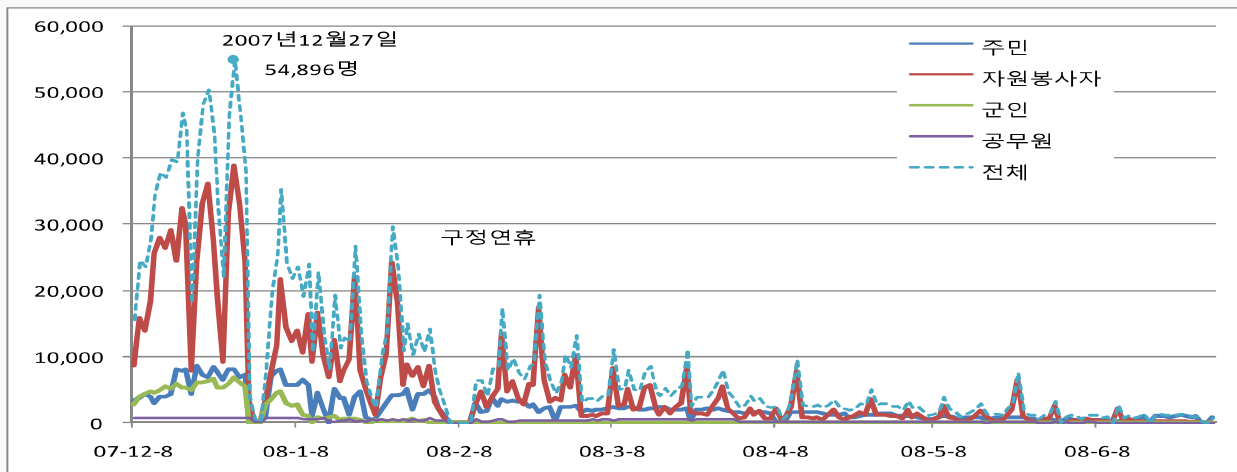


출처: 해양경찰청



방제활동 참여 인원 (~2008.7.4)

누계	해양경찰	경찰청	해양환경 관리공단	주민	군인	자원봉사	업체	Other
2,122,296	17,394	32,356	6,663	556,343	152,695	1,226,730	53,431	249,844



출처: 태안해양경찰청 해양오염방제과⁷

민·관·학·연·산 공동 연구 추진

민관합동회의의 구성(최종 참여 기관)

구 분	참 여 기 관
민(民)	여성환경연대, 환경운동연합 시민환경연구소
관(官)	환경부(국립환경과학원), 보건복지부(질병관리본부), 태인군보건의료원
학(學)	고려대, 단국대, 서울대, 성균관대, 이화여대
연(研)	환경보건포럼, 한국과학기술연구원, 직업성폐질환연구소
산(産)	네오딘 의학연구소

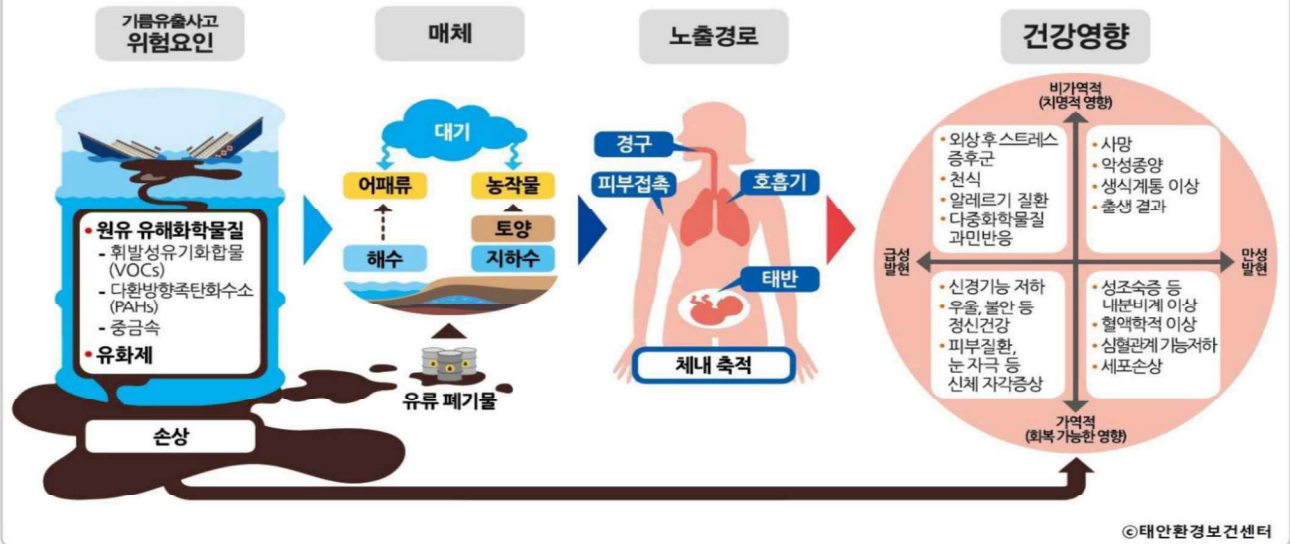
급성기 건강영향 요약 - 1

주제	대상	위험요인	건강영향(악화)
해외연구 사례분석	기존 유류유출 관련 해외연구 (Ha et al.,2008)		
건강영향 (신체건강)	산모(Kim et al.,2009)	오염해안부터 거주지까지 거리	신체증상 호소
	주민(성인), 자원봉사자 (Lee et al.,2009)	방제작업시 보호장비 착용 여부	신체증상 호소 요중 수은 농도
	태안군 주민 서천군 주민 (Lee et al.,2010)	고노출: 소원, 원북 중노출: 근흥, 이원 저노출: 서천군	정신증상 신체증상 호소
	주민(성인) (Cheong et al.,2011)	방제작업 참여일수 방제작업 시 피부노출 정도	신체증상 호소
	태안군 주민 보령시 주민 (Lee et al.,2015)	오염해안으로부터 거리 방제작업 참여일수	대사증후군
	주민(성인), 자원봉사자 (Ha et al.,2012)	방제작업 참여일수	VOC, PAH 요중 대사체

급성기 건강영향 요약 - 2

주제	대상	위험요인	건강영향 (악화)
건강영향 (정신건강)	보령시 장고도 주민 (Um et al., 2008)	방제작업 참여 일수 및 시간	우울증상 진동감각
	황촌리, 파도리 주민 (Song et al., 2009)	방제작업으로 인한 증상 병원 방문 일상생활지장	정신건강
	어린이 (Ha et al., 2013)	오염해안부터 거주지(또는 통학학교)까지 거 리	정신건강
	주민(성인) (Choi et al., 2016)	어업관련 직업 오염해안부터 거주지까지 거리	정신건강

기름유출사고로 인한 오염물질의 노출경로와 건강영향



11



2. 태안환경보건센터 설립 배경 및 소개

12

태안환경보건센터 일반현황 및 주요 업무



설립 배경

설립배경

'07년 발생한 유류유출사고로 태안지역 주민들에게 심각한 건강영향이 발생함에 따라 환경부에서 건강영향조사와 피해예방 대책마련을 위해 태안환경보건센터 지정·설립('08년 9월 지정)



운영 현황

운영현황

- 위치 : 태안군보건의료원 3층
- 인력현황 : 센터장(1), 사무국(1), 연구팀장(1), 정보팀장(1), 연구원(3)
- 지정근거 : 환경보건법 제26조 1항



주요 업무

주요사업

- 유류사고 피해주민 건강영향조사 및 모니터링, 환경성질환 연구조사
- 주민 건강증진 사업, 환경보건 교육 및 홍보사업
- 국제협력(미국 Gulf Oil team, NIEHS)

태안군보건의료원
(유류유출오염)



태안환경보건센터 협력체계도

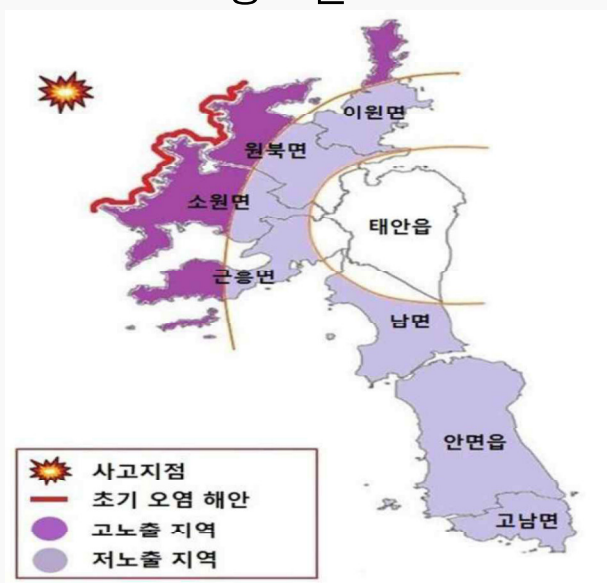




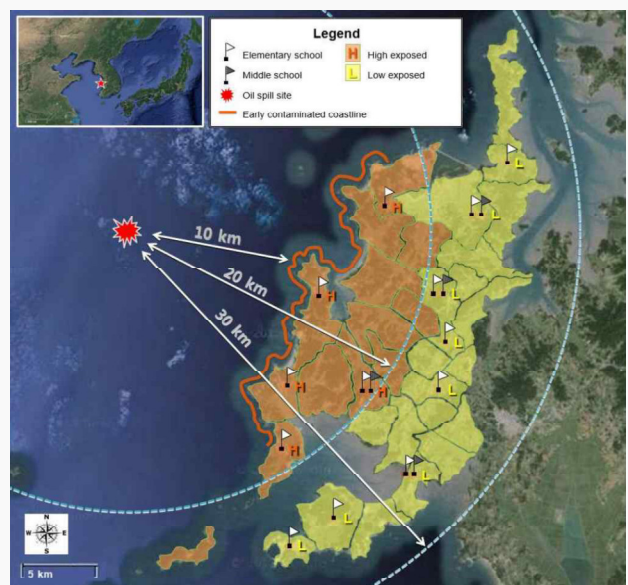
3. 태안지역주민 건강영향조사

유류유출 피해지역 주민 건강검진 대상지역

성인



어린이청소년



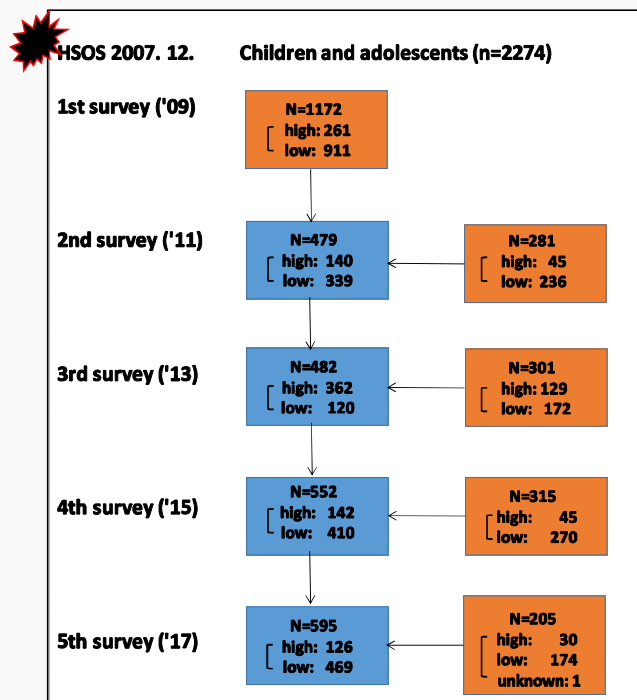
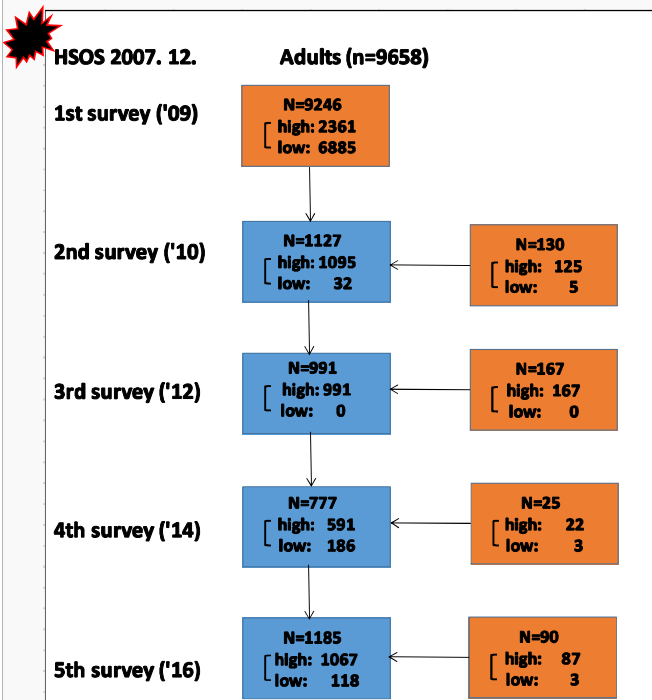
유류유출 피해지역 주민 건강검진

➤ 조사항목

- 설문조사 : 인구사회학적 자료, 유해물질 노출력, 과거 질병력, 식이습관, 정신건강 등
- 일반 건강검진 : 신체계측, 혈액검사, 소변검사 등
- 특수 건강검진 : 폐기능 검사, 폐기관지 염증검사, 알레르기 피부반응검사, 심박동검사 등
- 생체시료 분석 : 중금속, PAHs 대사체, 산화손상, 후성유전, 염색체변이 분석 등



HSOS 중장기 건강영향조사 대상자 추적 현황



중장기 건강영향 1

방제작업 기간과 산화손상지표 수준간의 관련성 (사고 1.5 년 후)

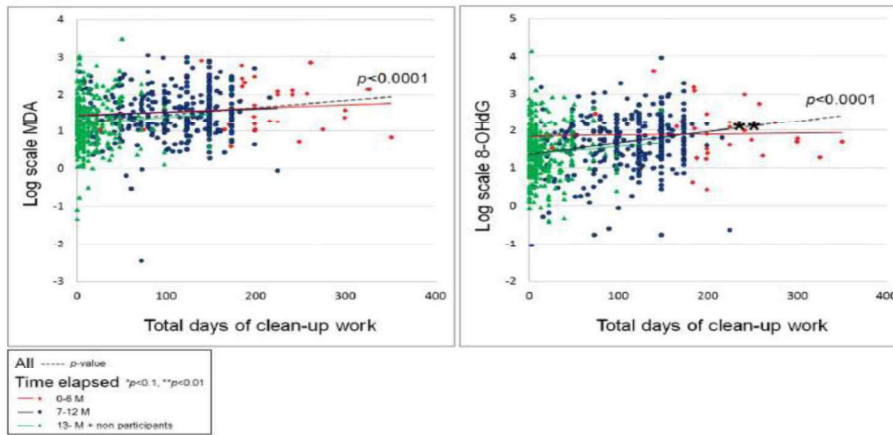
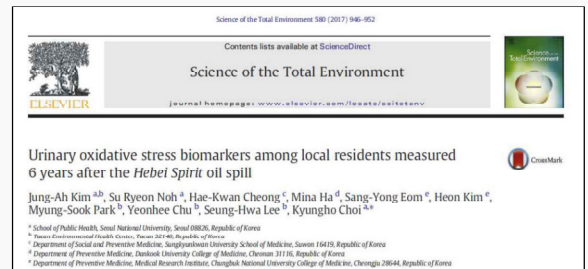
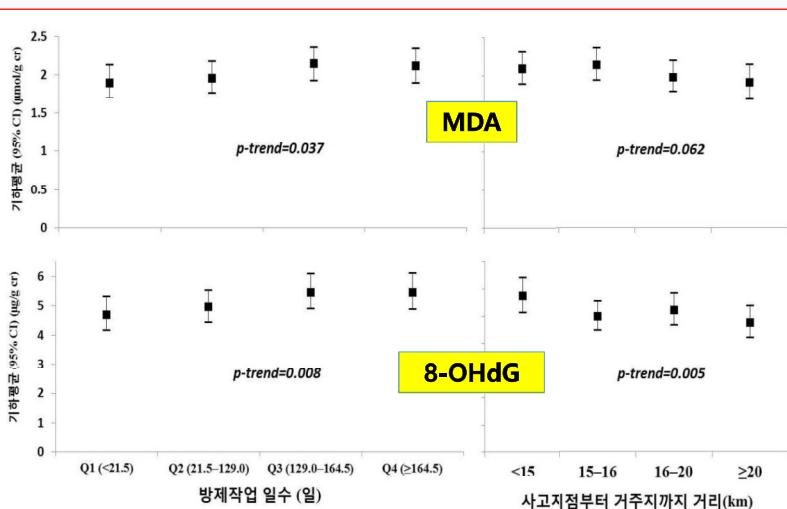


Fig. 2. Relationship between total duration of clean-up work and levels of oxidative stress biomarkers over one year after the accident by the time elapsed since last clean-up. The urinary MDA ($y = 0.002x + 1.252$; $p < 0.0001$) and 8-OHdG ($y = 0.003x + 1.371$; $p < 0.0001$) were associated with the total duration of clean-up work in all subjects. The regression coefficients (p -value) were 0.001 (0.53), 0.001 (0.26), and 0.002 (0.32) for MDA, and 0.000 (0.88), 0.003 (0.001), and 0.002 (0.28) for 8-OHdG, in groups who participated clean-up works until 0-6 months ago, 7-12 months ago, and 13 or more months ago including non-participants, respectively.



중장기 건강영향 2

방제작업 기간과 산화손상지표 수준간의 관련성 (사고 6 년 후)



중장기 건강영향 3

호흡기 질환 (폐기능과 기관지 과민반응) -어린이(거주지와 오염해안과의 거리)

Table 3. Pulmonary function test results and the prevalence of asthma in the study participants

	Children living close to the oil spill area (N=159)	Children living far from the oil spill area (N=277)	Total (N=436)	P value*
FVC (L)	2.01 ± 0.47	1.97 ± 0.49	1.98 ± 0.48	0.396
FVC (%)	85.6 ± 10.5	86.8 ± 11.6	86.4 ± 11.2	0.275
FEV1 (L)	1.78 ± 0.40	1.77 ± 0.43	1.77 ± 0.42	0.723
FEV1 (%)	82.6 ± 10.8	85.3 ± 10.4	84.3 ± 10.6	0.011
FEV1/FVC (%)	89.3 ± 0.07	90.2 ± 0.06	89.9 ± 0.06	0.153
Prevalence of bronchial hyperresponsiveness (defined by the MBPT)	29 (18.2)	22 (7.9)	51 (11.7)	0.001 [†]

*Independent t-test; [†]Chi-squared test.

FVC, forced vital capacity; FEV1, forced expiratory volume in one second.

Table 4. Risk factors for asthma in the study participants

Variables	Adjusted OR (95% confidence interval)	P value*
Sex (male/female)	2.54 (1.31-4.91)	0.006
Obesity (obese/overweight/normal weight)		
Overweight	1.88 (0.79-4.47)	0.15
Obese	1.86 (0.89-3.87)	0.10
Familial history of asthma (yes/no)	3.77 (1.83-7.75)	0.000
Current smoking (yes/no)	0.39 (0.05-3.35)	0.393
Passive smoking (yes/no)	1.29 (0.67-2.50)	0.451
Residence (close to/far from the oil spill area)	2.43 (1.27-4.65)	0.007

*Multiple logistic regression analysis.

OR, odds ratio.

Original Article

Respiratory Effects of the Hebei Spirit Oil Spill on Children in Taean, Korea

Respiratory Effects of the Hebei Spirit Oil Spill on Children in Taean, Korea

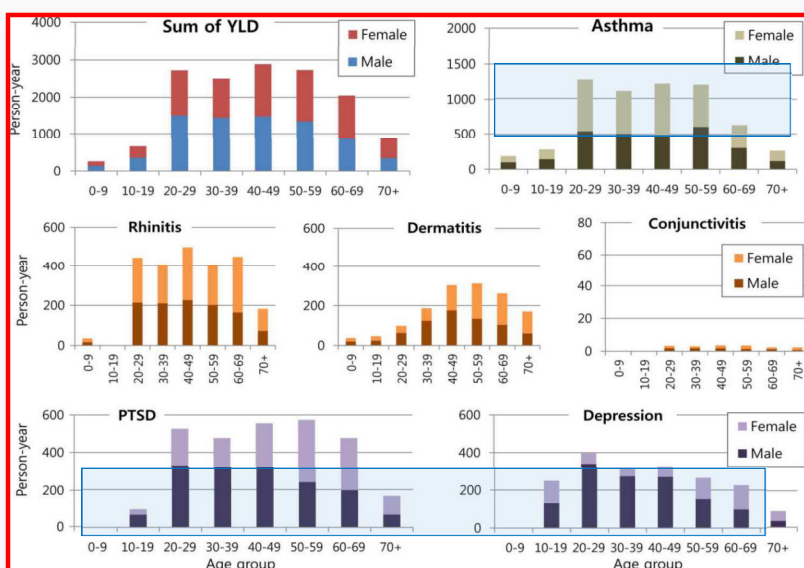
Suk-Chul Jung,¹ Kyung-Mook Kim,² Kun-Song Lee,³ Sanghul Roh,⁴ Woo-Chul Jeong,⁵ Sahng-June Kwak,⁶ Il-Jin Lee,⁷ Young-Hyun Choi,⁸ Su Ryeon Noh,⁹ Jong-Il Huh,⁹ Young-Koo Jee^{10*}

¹Department of Occupational and Environmental Medicine, Pyeongsik International Hospital, Pyeongsik, Korea
²Department of Internal Medicine, Kyunggi-do Medical Center Suwon Hospital, Suwon, Korea
³Department of Pediatrics, College of Medicine, Dankook University, Cheonan, Korea



중장기 건강영향 4

질병부담 (신체 및 정신건강) -태안군 주민 취약: 여성(호흡기), 남성 (정신건강)



Open Access **Research**

BMJ open **Burden of disease attributable to the Hebei Spirit oil spill in Taean, Korea**

Young-Min Kim,¹ Jae-Hyun Park,² Kyusik Choi,² Su Ryeon Noh,³ Young-Hyun Choi,³ Hae-Kwan Cheong²

To cite: Kim Y-M, Park J-H, Choi K, et al. Burden of disease attributable to the Hebei Spirit oil spill in Taean, Korea. *BMJ Open* 2013;3:e003334. doi:10.1136/bmjopen-2013-003334

ABSTRACT
Objectives: We aimed to assess the burden of disease (BOD) of the residents living in contaminated coastal area with oil spill and also analysed the BOD attributable to the oil spill by disease, age, sex and subregion.
Design: Health impact assessment by measuring years lived with disability (YLD) due to an oil spill.

ARTICLE SUMMARY
Strength and limitations of this study
• This is the first study to quantify the burden of disease (BOD) of a single environmental disaster.
• This study demonstrates that BOD is an objective and comprehensive metric for estimating and

중장기 건강영향 5

식생활변화(어육류 섭취 감소)
 ➔ 영양불균형초래
 -태안군 주민

- 1) 유류유출사건 이후 나타난 증상으로 어지럼증, 구토, 피곤증, 피부질환, 감기, 불면증 등을 호소하였고, 특히 **시력저하, 권청환 등 눈에 대한 변화가 가장 크다**고 응답하였다.
- 2) 사고 이후 경제적인 어려움에 대한 걱정과 건강상의 변화로 **식욕감퇴**가 나타났고, 부모의 이런 심리적, 경제적 고통으로 **자녀 역시 우울증** 등의 정신적인 문제를 보였다고 응답하였다.
- 3) **이입 종사자들은 당장 소득이 없어 어·육류 섭취가 줄**었고 채소와 김치 위주의 식생활로 변화되었으며, 관광, 횡집 운영 등 상업 종사자들 역시 판매할 생선이 없어 간접적인 피해도 적지 않다고 하였다.
- 4) 사고 이전 직접 채취하거나 잡아서 먹었던 어패류 및 해산물을 현재는 제래시장에서 구매하여, 섭취하고, **사고 지역 제품의 구입을 꺼리는 것**으로 나타났다.
- 5) **식수를 끊어 마시며**, 사고 이전 날 것으로 먹던 식품들을 사고 이후에 **찌거나 튀기는 조리 방법** 등을 사용하여 익혀 먹는다고 하였다.
- 6) 참여자들 중 특히 **노인층** 예전 식습관을 고치기 어려워, **날 것으로도 식품을 가끔 섭취하긴 하나 불안함**을 느낀다고 하였다.
- 7) **뉴스 또는 매스컴의 정보에 대해 의구심**을 가졌으며, 어떤 것을 먹어야 하고 앞으로 어떻게 대처해야 하는지 정부 단체나 전문 교육 기관에서 정확하고 빠른 해답책을 제시해 주기를 바란다고 응답하였다.

대한지역사회영양학회지 16(4) : 466-472, 2011
 Korean J Community Nutr 16(4) : 466-472, 2011
 DOI:10.5720/kjcn.2011.16.4.466

허베이스피릿호 원유유출 사고 이후 태안주민의 식생활 변화
 - 포커스 그룹 면담 결과 -

박지현^{1,2}, 권성옥^{1,2}, 정우철³, 허종원³, 오세영^{1,2*}

¹경희대학교 식품영양학과, ²경희대학교 생활과학연구소, ³태안환경보전센터

Changes of Eating Habits of the Residents of Taean, Korea
 after the Herbei Oil Spill Accident Based on Focus Group Interviews

Ji Hyun Park^{1,2}, Sung Ok Kwon^{1,2}, Woo Cheol Jeong³, Jong Il Huh³, Se-Young Oh^{1,2*}

¹Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University, Seoul, Korea

²Research Institute of Human Ecology, Kyung Hee University, Seoul, Korea

³Taean Institute of Environmental Health, Taean, Korea

Abstract

Hazardous chemicals, such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), volatile organic compounds (VOCs) and heavy metals, are known as being harmful to human healths were included in oils released by the Herbei Spirit Oil Spill accident in December 2007. To investigate changes of eating habits by the exposure to harmful substances, we conducted 5 focus group interviews for residents at Taean coast areas, who had experienced the oil spill accident. Participants included 46 women (mean age: 57.2 ± 10.9) who were mainly responsible for preparing family meals. Focus group discussions were audio-taped, transcribed and categorized by theme. Participants expressed more frequent illness symptoms, such as

중장기건강영향 요약

주제	대상	위험요인	건강영향(악화)
건강영향 (신체건강)	주민(성인)(Noh et al., 2015)	방제작업 참여일수	DNA 손상지표 PAH 요증 대사체
	주민(성인) (Kim et al., 2017)	방제작업 참여일수 사고지점부터 거주지까지 거리	DNA 손상지표
	어린이 (Jung et al., 2013)	사고지점부터 거주지까지 거리	호흡기질환
	어린이 (Jeon et al., 2016)	사고지점부터 거주지까지 거리	알레르기질환
식생활변화	주민 (Park et al., 2011)	유류유출 사고	우울증 및 식욕감퇴, 식생활변화 메스컴 정보 의구심
질병부담	주민(성인) (Kim et al., 2013)	노출수준	질병부담(신체, 정신건강)
농약노출	농업 종사자 (Cha et al., 2012)	농약사용기간	호흡기질환
동물실험	쥐 (Yang et al., 2012)	원유노출	DNA 손상지표
정책	주민(성인)(Kim et al., 2009)	유류유출 사고 시 대응을 위한 환경보건정책 수립	

국가통계자료(big data)를 활용한 연구

- 2017년부터 진행

- 암 발생률: 중앙암등록본부

- SCI journal| Peer Review

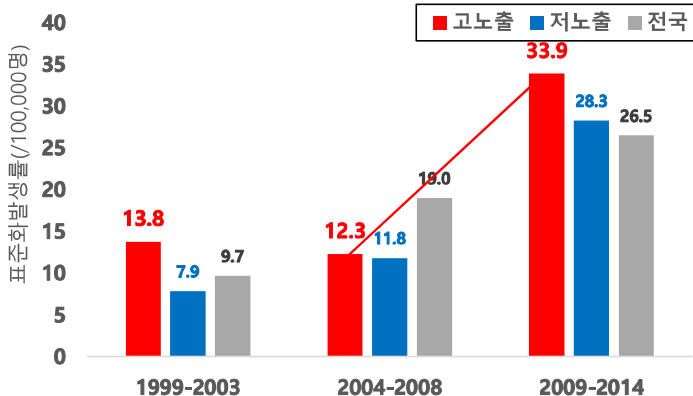
- 만성질환 및 주요질환 유병률: 국민건강보험공단 보험청구자료

25

유류 노출수준에 따른 표준화 암 발생률

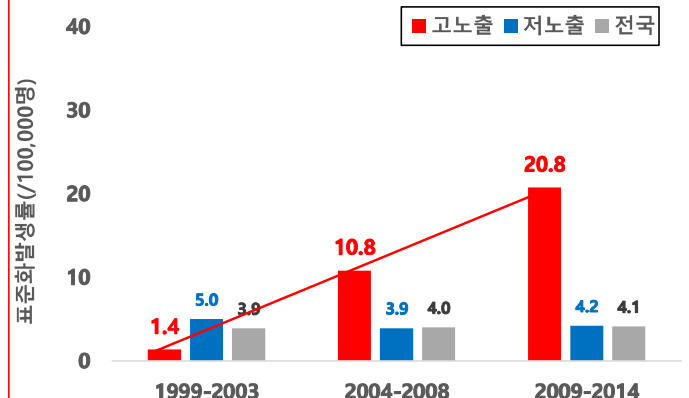
자료원: 중앙암등록본부

남성 전립선암(고노출Vs.저노출)



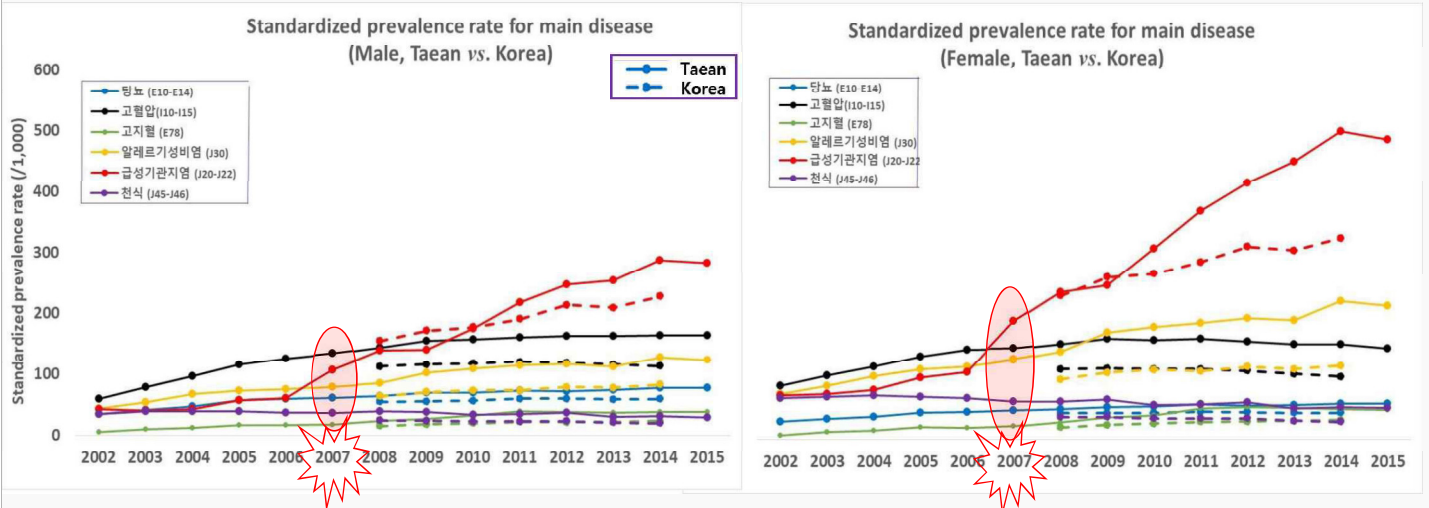
2009-2014 Vs. 2004-2008 증가율(남성 전립선암)
 고노출 지역: 2.8배
 저노출 지역: 2.4배
 전국: 0.4배

여성 백혈병(고노출Vs.저노출)



2009-2014 Vs. 2004-2008 증가율(여성 백혈병)
 고노출 지역: 92% 증가
 저노출 지역: 7% 증가
 전국: 3% 증가

표준화 유병률 비교 (태안 vs. 전국)



자료원: 국민건강보험공단, 질병분류정보센터(<http://www.koicd.kr/>)



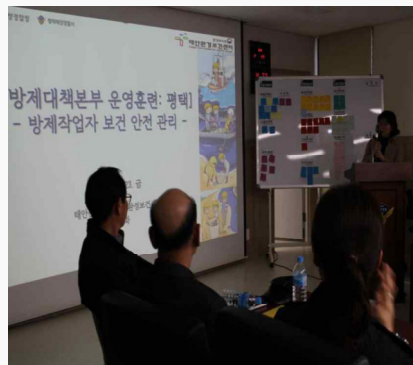
4. 환경보건서비스 및 환경성질환 예방교육 및 홍보

전립선암 표지자 검사

- 대상: 태안 지역 남성 대상 전립선 암 표지자 검사 시행 (60세 이상)
 - 고노출지역: 3000명
 - 저노출지역: 1000명
- 목적: 선별검사 후 이상 소견 시 정밀검진 권고로 전립선암 조기 선별 및 유병률 감소
- 일시: 2018년 2월~12월
- 예산: 태안군

유류오염 대응체계 구축

- 대규모 유류유출사고 대비한 민,관 합동 방제훈련 참여로 협업체계 구축
 - 태안해양경비안전서, 평택해양경비안전서, 대산해양환경관리공단, 서산시청 등



방제작업자 환경안전 교육

- 해양환경관리공단, 해양경찰청 및 어촌계 방제작업자 교육
- 유류오염과 건강영향, 방제작업복 착용방법



유류오염 대응체계 구축-매뉴얼 개발

지자체용



주민



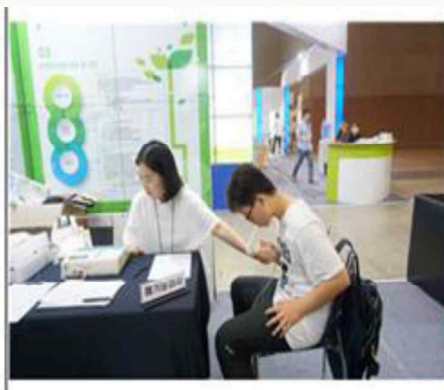
임산부 환경보건교육

- 서산, 태안 임산부 대상 환경보건 교육 실시
 - 생활 속 환경호르몬 바로 알기, 환경성 질환 이해와 관리



환경보건콘서트 및 환경보건교실

- 시민대상 강의 및 체험부스 운영



건강나누리 캠프 - 국립공원관리공단 연계

- 환경성질환 어린이를 대상으로 아토피, 당 섭취 교육



건강한 생활터 가구기-의료원 연계

- 지역사회 위해 소통을 위한 유류사고 피해지역 주민 교육 및 홍보
 - 피해지역 주민들의 건강증진과 건강생활 실천 위한 교육 실시



유류사고와 건강영향 국제 교류



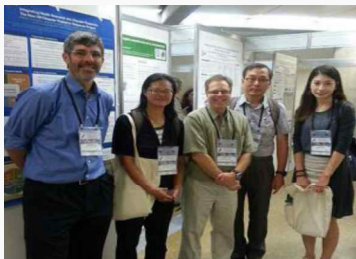
스페인 연구팀과 공동연구MOU 체결 (2010)



미국 걸프만 연구팀 교류 (2012)



미국 걸프만 연구팀 교류 (2013)



미국 걸프만 연구팀 교류 (2015)



미국 트레인데대학교 MOU 체결 (2016)



유류사고 10주년 국제심포지엄 (2017)



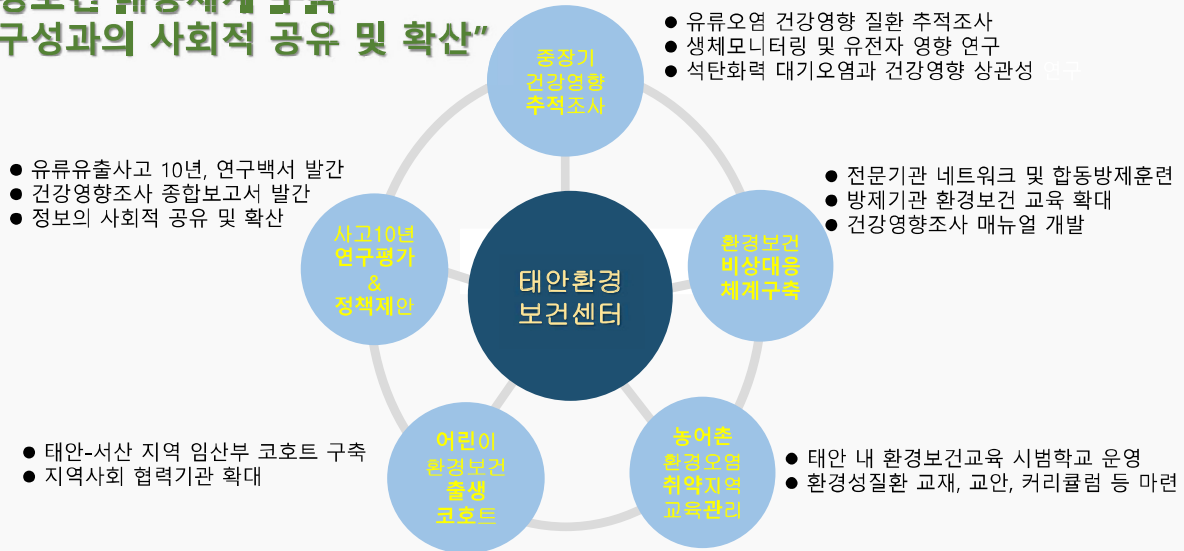
5. 향후 방향

추진계획 (2017-2019)

“유류유출과 건강영향 관련성 규명”

“환경보건 대응체계 구축”

“연구성과의 사회적 공유 및 확산”



감사합니다.

태안군보건의료원 환경보건센터
박명숙 연구팀장
pms1816@gmail.com



2018. 4. 27.(금)
충남연구원

충남의 환경여건과 주요 정책사업 추진



충 청 남 도
[환경보전과]

목 차

I. 석면환경 여건 및 주요 정책사업	1
① 석면분포현황	
② 석면문제의 대응 매뉴얼	
③ 광해방지사업 및 건강영향조사	
④ 석면피해자 사후관리	
II. 환경취약지역 및 대책	4
① 도내 환경취약지역 현황	
② 주민건강 대책	
③ 활용방안	
III. 실내공기질 조사관리	7
① 법정 및 비법정관리(실내공기질관리법)	
② 화력발전소 주변지역 관리	
③ 기타 주요사업(어린이활동공간 지도점검, 라돈 관리 등)	
IV. 인공조명에 의한 빛공해 방지	12
① 빛공해 여건	
② 빛공해 관리	
③ 충청남도 빛공해 환경영향평가 추진	
④ 조명환경관리 구역 지정 절차	
[참고자료]	14

I. 석면환경 여건 및 주요 정책사업

① 석면 분포 현황

- 충남은 지질학적으로 석면함유 가능성이 높은 초염기성암 분포가 전국 1위(홍성·보령 등에 집중)
 - 총 207.36km² : 충남 157.25km², 경북 21.91km², 경기 9.3km², 전남 8.52km², 강원 5.95km² 순
- 자연발생석면 지역은 총 684.52km²로 전국 4위 수준(충남 면적 대비 7.4%, 전국 면적대비 0.7%)
 - 총 5848.56km² : 강원 1737.94km², 경북 864.88km², 경기 720.53km², 충남 684.52km², 충북 664.92km² 순
- 폐석면광산 25개소 소재(전국 폐석면 광산 38개소의 66% 차지)

② 석면문제의 대응 매뉴얼

단 계	기준치	비고
암석	석면검출	표적시료
↓		
토양	0.25%이상	• 1% 이상 : 정화(복토 등) • 0.25~1% : 위해성평가 (ABS)후 위해도가 0.0001(10 ⁻⁴) 이상일 경우 정화
↓		
대기	0.01f/cc 이상	『실내공기질관리법』 실내공기질 권고기준
↓		
ABS (활동근거시료채취법)	발암위해도 10 ⁻⁴ 이상	인구 만명당 1명 암발생
↓		
건강영향조사	-	-

주1) f/cc = fibers/cubic centimeter, 세제곱 센티미터 당 섬유수

주2) 활동근거시료채취법(ABS, Activity Based Sampling) : 거주 또는 생활하고 있는 사람의 활동에 의해 토양이 교란되어 공기 중으로 비산된 석면을 측정하여 인체에 미치는 영향을 파악하는 측정방법

주3) 발암위해도 : 오염물질에 30년간 노출될 경우 암이 발생할 가능성으로 노출 농도, 노출시간, 최초 노출로부터 경과시간을 이용하여 계산

③ 광해방지사업 및 건강영향조사

① 광해방지사업

- 폐석면광산(충남 25개소) 정밀조사 및 토양복원사업 추진
 - (환경부) 정밀조사 완료
 - (산업부 광해관리공단) 복토 등 토양복원사업 추진
- ※ 충남 추진현황 : 복원 12개소, 진행 10, 불필요 3
- (농림축산식품부) 농산물 안정성 조사

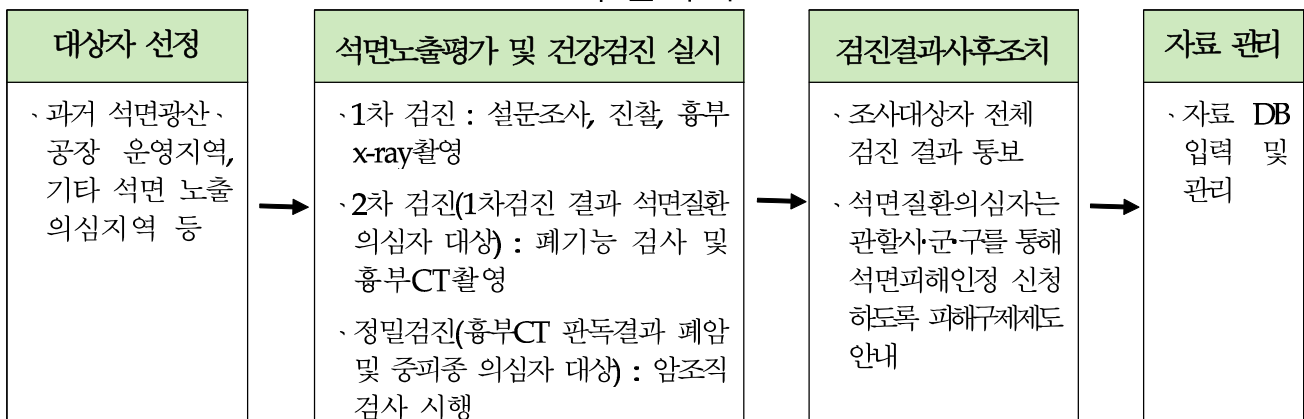
<관리체계>



② 석면건강영향조사

- 석면노출 우려지역에 거주하는 주민에 대한 건강검진을 통해 석면피해 의심자를 신속히 발견하고 피해구제와 연계
 - (사업주체) 환경부
 - (수행기관) 석면환경보건센터(순천향대천안병원, 양산부산대병원)
 - (조사대상) 석면공장, 조선·수리조선소, 항만하역장, 노후슬레이트 밀집지역, 자연발생석면지역 거주자
 - (충남 조사결과) '09년부터 18,317명 조사, 석면질환의심자 1,175명 발견

<추진체계>



④ 석면피해자 사후관리

① 석면피해 구제제도

- 석면피해구제법('11년 시행)에 따라 석면으로 인한 건강피해자 및 유족에게 구제급여를 지급하여 건강피해의 신속한 구제
 - (사업주체) 환경부 한국환경공단
 - (구제대상 질병) 원발성 악성중피종, 원발성 폐암, 석면폐증, 미만성 흉막비후
 - (구제급여 종류) 요양급여, 요양생활수당, 장의비, 구제급여조정금, 특별유족조의금 및 특별장의비
 - (재원) 석면피해구제기금 90%, 도비 5%, 시군비 5%
 - (충남 지원실적) 석면피해자 및 유족 1,071명(생존자 834명)에게 1,546백만원 구제급여지원
- ※ 전국 석면피해자는 전국 2,842명이며 충남도 38% 차지(홍성, 보령 집중)

② 석면피해자 건강관리(道 자체사업)

- 석면피해자 힐링캠프 운영('15~)
 - (사업대상) 석면피해자 및 가족
 - (사업내용) 생태체험, 건강교실, 웃음치료 등 건강관리프로그램 제공
 - (추진실적) 6회 437명
- 석면피해자 건강관리서비스사업 ('17~)
 - (사업수행) 충청남도홍성의료원
 - (사업대상) 석면피해자 834명
 - (사업내용) 석면피해자 가정방문을 통한 건강관리
 - 건강상태 체크, 건강관리 교육, 석면질환 정보 제공 및 연계 등
 - (추진실적) 석면피해자 321명 640회 방문서비스 제공

II. 환경취약지역 및 대책

① 도내 환경취약지역 현황

① 화력발전소 지역

- 위치 : 보령시, 당진시, 서천군, 태안군 발전소 반경 2km 지역
- 주요 피해 : 먼지, 악취, 소음, 지하수오염 등으로 인한 건강 피해
- 주요 오염물질 : 먼지, VOCs, 중금속(Cr, Cu, As, Cd, Hg, Pb 등)
- 조사기간 : 사전조사 2013~2015년, 본조사 2017년~2021년

② 철강 및 화학단지

- 위치 : 서산시 대산읍, 당진시 송악읍, 송산면 일원
- 주요 피해 : 먼지, 악취 등으로 인한 건강피해
- 주요 오염물질 : 먼지, VOCs, 중금속(Cr, Cu, As, Cd, Pb 등)
- 조사기간 : 사전조사 2013~2015년, 본조사 2018년~

③ 유류피해지역

- 위치 : 태안군 원북면, 소원면 일원
- 주요 피해 : 유류유출로 기인한 환경오염으로 인한 건강피해
- 주요 오염물질 : VOCs, PAHs, 중금속(V, Mn, Ni, As, Cd, Hg, Pb)
- 조사기간 : 2009년~

④ 구)장항제련소 지역

- 위치 : 서천군 장항읍 일원
- 주요 피해 : 체내 카드뮴 WHO 참고치 초과 등 카드뮴 축적으로 인한 질환(골다공증, 신세뇨관 미세손상, 신장기능 이상 등)
- 주요 오염물질 : Cd
- 조사기간 : 주민건강영향조사 2008년~2010년, 사후관리 2011년~

② 주민건강 대책

① 환경노출조사

○ 화력발전소 지역

- 기존자료 수집·분석 : 대기배출량통계, 굴뚝자동측정기, 국가 및 지역 대기측정망, 토양 및 지하수 측정망 등
- 환경오염 실측 : 대기(PM2.5, BC), 토양(Cr6+, As, Cd, Hg Pb), 수질(Cu, As, Cd, Hg, Pb)

○ 철강 및 화학단지

- 기존자료 수집·분석 : 대기배출량통계, 굴뚝자동측정기, 국가 및 지역 대기측정망, 토양 및 지하수 측정망 등

※ 2018년 본조사부터 환경오염 실측예정 : 대기(PM2.5, VOCs, Cr, Cu, As, Cd, Pb), 토양(Cr, Cu, As, Cd, Pb, pH), 수질(Cr, Cu, As, Cd, Pb)

○ 유류피해지역

- 환경오염 실측 : 대기, 토양, 어패류(PAHs, 중금속), 지하수 (PAHs, 중금속, VOCs)

※ 중금속 : V, Mn, Ni, As, Cd, Hg, Pb

② 인체건강조사

○ 화력발전소 지역

- 기본조사 : 설문조사, 일반검진
- 특수조사 : 생체모니터링(혈중 Cd, Pb, 요중 As, Hg, Cd, VOCs 대사체, PAHs 대사체 및 DNA손상지표)

○ 철강 및 화학단지

- 기본조사 : 설문조사, 일반검진
- 특수조사 : 생체모니터링(혈중 Cd, Pb, 요중 Cr, As, Hg, PAHs 대사체)

※ 화학단지(국립환경과학원 조사) : 생체모니터링(혈중 Pb, 요중 Cd, Hg, 크레아틴, 코티닌, 프탈레이트류대사체, VOCs 대사체, PAHs대사체) 조사

○ 유류피해지역

- 기본조사 : 설문조사, 일반검진
 - 특수조사 : 알레르기질환(소아, 청소년), 호흡기계·신경계·심혈관계 기능평가(성인), 생체모니터링(VOC, PAHs 대사체인 활성산소에 의한 DNA 지질 손상지표, 혈중 Mn, Pb, 요중 Cd, Hg, 뮌콘산) 등
- ※ 뮌콘산 : 휘발성유기화합물 노출지표

○ 구)장항제련소 지역

- 기본조사 : 설문조사, 일반검진
- 특수조사 : 생체모니터링(혈중 및 요중 Cd), 신세뇨관 미세손상지표, 혈액요소질소, 혈청 크레아티닌, 요검사, 골밀도검사 등

③ 환경과 건강의 상관관계 분석

- 오염원으로부터 거리, 거주기간, 성별, 연령 등의 조건별 생체 모니터링 결과와 환경노출조사의 연계성 파악
- 조사지역 주민의 국민건강보험관리공단 등 국가 질병자료 및 건강검진 자료 활용을 통한 상관관계 분석

3 활용방안

- 환경오염 실태 파악 및 주민의 환경성질환 예방·관리대책 수립의 과학적 근거자료로 활용
- 환경오염원으로부터 명확한 피해 규명 시 주민건강 사후관리 대책 마련

Ⅲ. 실내공기질 조사·관리

① 법정 및 비법정관리(실내공기질 관리법)

<법정 관리>

① 관리대상 : 다중이용시설, 신축공동주택 등

② 관리방법

○ 다중이용시설

- (자가측정) 대상자 사전조사 및 안내, 시설관리자(통상, 측정대행업체)가 「실내공기질 통합관리시스템」에 측정자료 입력
- (지도·점검) 자가측정확인 및 결과검토, 공기정화설비 현황점검 등
- (벌칙사항) 「실내공기질관리법」 제16조(과태료) 3항
 - 실내공기질 미측정 또는 측정결과 미보존, 교육 미이수 등
 - 500만원 이하 과태료 부과

○ 신축공동주택

- (자가측정) 대상자 사전조사 및 안내, 시공사(통상, 측정대행업체)가 「실내공기질 통합관리시스템」에 측정자료 입력
- (지도·점검) 자가측정확인 및 결과검토, 시공사의 자가측정 주민 공고결과 확인 등
- (벌칙사항) 「실내공기질관리법」 제16조(과태료) 3항
 - 실내공기질 미측정 또는 측정결과 미보존, 교육 미이수 등
 - 500만원 이하 과태료 부과

<비법정 관리>

① 관리대상 : 어린이집 보육실(430㎡미만), 노인요양시설(1,000㎡미만), 장애인시설 등

※ 관리기준 : 측정의무 미적용 시설로 규정된 기준은 없으나, 「실내공기질 관리법」의 동일 시설군의 ‘유지기준’과 ‘권고기준’을 적용

② 관리방법

○ 어린이집 보육실(430㎡미만)

- (대상선정) 시·군별 인구 및 시설수 비례 대상선정
- (점검·관리) 미세먼지, 폼알데하이드, 휘발성유기화합물, 총부유세균, 이산화탄소, 라돈 등 **6항목** 측정·관리

○ 노인요양시설(1,000㎡미만), 장애인 시설

- (대상선정) 시·군별 인구 및 시설수 비례 대상선정
- (점검·관리) 초미세먼지, 미세먼지, 폼알데하이드, 휘발성유기화합물, 총부유세균, 이산화탄소 등 **6항목** 측정·관리

실내공기질 공정시험기준(환경부고시 제2010-24호)

측정 항목	시료채취 방법 및 시간
초미세먼지(PM _{2.5})	유속 1~30 ℓ/min으로 8시간이상 측정
미세먼지(PM ₁₀)	광산란법, 10~15분 5회이상 측정(직독식)
폼알데하이드(HCHO)	유속 500~1200ml/min로 30분간 2회 측정
총휘발성유기화합물(TVOCs)	유속 50~100ml/min로 30분간 2회 측정
총부유세균	총 포집량 250ℓ 이하, 20분 이상 간격으로 3회 측정
이산화탄소(CO ₂)	1시간 1회 측정
블랙카본(BC)	2시간동안 1분단위 측정
라돈(Rn)	90일간 실내에 노출후 수거하여 측정

③ 조사결과

○ 어린이집 보육실

- 총부유세균을 제외한 다른 항목은 농도값이 지속적으로 감소

○ 노인요양시설

- 미세먼지, 폼알데하이드는 매년 농도가 감소 추세
- 총휘발성유기화합물, 총부유세균은 일정한 농도 수준을 유지
- 이산화탄소는 **2015년까지** 일정 수준을 유지하다, **2016년 이후** 농도가 증가

○ 장애인시설

- 측정항목별 농도의 변화가 있으나, 전반적으로 **2012년도** 측정 결과와 비교 농도가 낮아지고 있음

○ 재측정 결과 : 통상 5가구 정도 발생

- 재측정 결과 기존 결과와 비교하여 큰 폭으로 농도값이 감소

<연도별 대상시설 측정 결과>

시설군	연도별	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HCHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TVOCs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	총부유세균 (CFU/ m^3)	CO2 (ppm)	Rn (Bq/ m^3)
어린이 보육실	2012(n=33)	57.28	58.81	473.74	424.69	828.45	-
	2013(n=43)	43.04	48.48	230.95	279.91	668.07	-
	2014(n=57)	51.51	43.12	234.52	383.91	675.02	-
	2015(n=57)	55.18	30.40	232.06	317.57	641.75	-
	2016(n=88)	44.74	37.29	194.25	381.35	795.67	-
	2017(n=204)	40.48	38.74	88.93	644.11	594.44	42.47
노인요양 시설	2012(n=10)	58.24	42.30	349.54	136.30	600.00	-
	2013(n=35)	37.13	41.22	200.82	212.40	564.97	-
	2014(n=27)	70.58	32.72	256.33	493.90	589.56	-
	2015(n=31)	69.84	28.30	231.12	301.80	547.60	-
	2016(n=33)	34.48	31.37	168.89	333.48	851.18	-
	2017(n=167)	31.16	21.67	224.85	280.30	756.98	-
장애인시설	2012(n=14)	52.74	29.90	437.30	322.67	543.57	-
	2013(n=22)	35.80	37.69	213.92	293.50	627.82	-
	2014(n=16)	51.86	34.80	210.72	422.94	580.44	-
	2015(n=22)	79.14	29.91	242.00	294.30	584.19	-
	2016(n=19)	53.63	47.62	193.57	368.34	874.00	-
	2017(n=34)	35.06	18.85	194.85	384.46	674.79	-

② 화력발전소 주변지역 관리

<석탄화력발전소 주변가정 실내공기질 측정·관리>

① 관리대상

- 대상선정 : 110가구(대상지역 104, 비교지역 6)
 - (대상지역) 104가구(집안측정 100가구, 집밖측정 4가구)
 - (비교지역) 6가구(아산지역의 집안측정 5가구, 집밖측정 1가구)

② 관리방법

- 측정시기 : 하절기로 동질성 유지(예산상 4계절 측정은 어려움)
- 측정항목 : 5항목(초미세먼지, 폼알데하이드, 총휘발성 유기화합물, 이산화탄소, 블랙카본)

※ 블랙카본(화력발전소 지역에 필요한 항목)은 '17년부터 측정시작

③ 조사결과

○ 1차년도(2016년)

- 발전소가 위치한 4개지역이 비교지역보다 초미세먼지는 높고 폼알데하이드는 다소 높거나 비슷
- 기타 오염물질은 비교지역에 비해 상대적으로 낮게 나옴

< 지역별 오염물질 농도 비교 >

구분	서천 (N=20)	당진 (N=20)	태안 (N=20)	보령 (N=20)	아산 (N=5)	비고
PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	11.61 $\pm$ 4.77	11.81 $\pm$ 4.87	10.51 $\pm$ 6.14	10.81 $\pm$ 5.02	5.31 $\pm$ 5.97	
CO2 (PPM)	670.6 $\pm$ 178.85	515.1 $\pm$ 46.95	552.8 $\pm$ 92.58	533.5 $\pm$ 49.82	579.8 $\pm$ 108.91	
HCHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24.93 $\pm$ 16.96	19.1 $\pm$ 21.39	28.26 $\pm$ 21.79	25.82 $\pm$ 14.54	21.8 $\pm$ 9.81	
TVOCs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	103.16 $\pm$ 60.03	90.43 $\pm$ 40.45	107.85 $\pm$ 82.54	138.04 $\pm$ 163.11	185.17 $\pm$ 44.26	

○ 2차년도(2017년)

- 대부분의 오염물질이 비교지역에서 높게 나타남
- 총휘발성유기화합물은 당진에서 1곳에서 기준치 3배를 초과하는 농도를 나타내어 평균농도가 높게 나타남

- 블랙카본의 경우 당진과 태안지역에서 높음

〈 지역별 오염물질 농도 비교 〉

구분	서천 (N=20)	당진 (N=20)	태안 (N=20)	보령 (N=20)	아산 (N=5)	비고
PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16.05 ± 6.07	16.19 ± 6.81	17.46 ± 6.78	17.46 ± 6.78	18.42 ± 9.09	
CO2 (PPM)	456.6 ± 90.72	527.88 ± 102.73	514.08 ± 70.90	514.08 ± 70.90	537.80 ± 69.08	
HCHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14.26 ± 9.84	29.96 ± 21.20	23.38 ± 14.97	32.86 ± 23.41	55.42 ± 17.56	
TVOCs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	119.67 ± 86.91	146.78 ± 244.67	62.58 ± 62.62	41.82 ± 34.16	112.01 ± 62.12	
BC ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	1.17 ± 0.50	1.72 ± 0.92	1.89 ± 0.81	1.18 ± 0.62	1.30 ± 0.26	

③ 기타 주요사업(어린이활동공간 지도점검, 라돈 관리 등)

① 어린이활동공간

- (관리대상) 어린이활동공간 **4,527**개소(보육시설 및 놀이시설 포함)
- (점검·관리) 환경부·도·시·군 합동지도점검. 시설물 부식, 도료 및 마감재 중금속 기준초과 여부 등
- (벌칙사항) 「환경보건법」 제**23**조(어린이활동공간의 위해성관리)
 - 환경안전관리기준 미준수(개선명령)
 - 검사거부방해 또는 기피(과태료 부과)
 - 개선명령 미이행(고발-**3**천만원 이하의 벌금 또는 **3**년 이하의 징역)

② 라돈 관리

- (관리대상) 어린이집, 도내 주택 실내
- (점검·관리)
 - 도(어린이집) : 실내공기질 측정관리사업으로 라돈 측정결과 안내 및 컨설팅
(충남환경보건포럼) : 라돈 관련 포럼 운영 등
 - 환경부(전국주택) : 도내 603가구 조사 및 기준 초과($200\text{Bq}/\text{m}^3$)
가구에 라돈 알람기 설치

IV. 인공조명에 의한 빛공해 방지

① 빛공해 여건

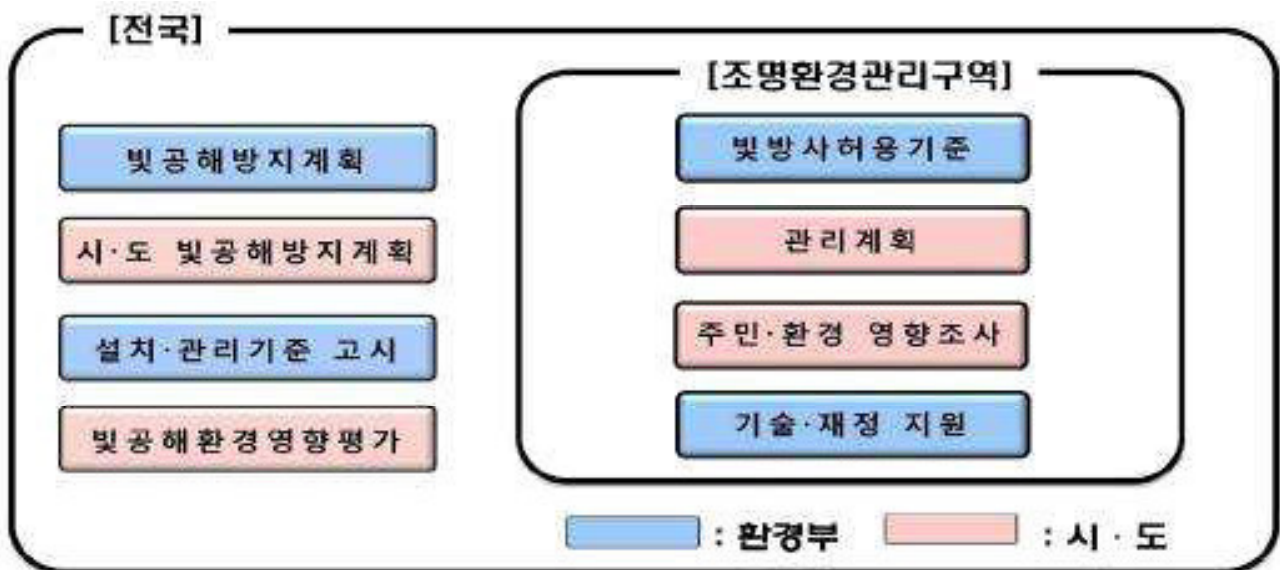
- 도시화에 따라 서비스 상가, 복합쇼핑 건물 등의 과도한 조명 사용 등 빛공해 문제가 대두
 - 서울시가 세계 주요 21개 도시 중 가장 밝은 도시로 평가(환경부, 2012)
 - 환경부 실태조사 결과, 전체의 45% 지점이 국제조명위원회(CIE) 기준치를 초과(환경부, 2012)
- 2007년 WHO 산하 국제암연구기구(IARC)에서는 빛공해를 발암 물질로 볼 수 있다고 인정

※ 빛공해 : 인공조명의 부적절한 사용으로 인한 과도한 빛 또는 새어 나오는 빛이 건강하고 쾌적한 생활을 방해하거나 환경에 피해를 주는 상태

② 빛공해 관리

- 인공조명에 의한 빛공해 방지법 제정(2013.2.2 시행)
 - (환경부) 빛공해방지계획 수립, 빛방사허용기준 설정 등
 - (시·도) 조례제정('18.1.1.시행), 빛공해환경영향평가, 조명환경관리 구역 지정, 시도 빛공해 방지계획 수립 등

<관리체계>

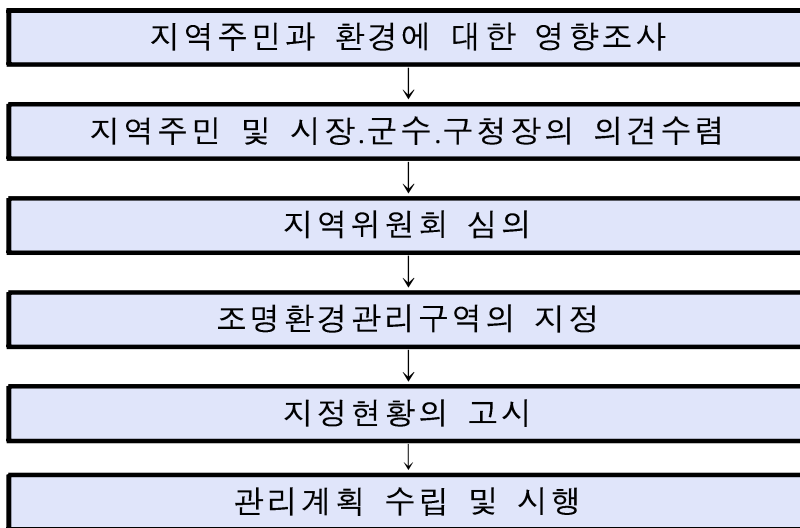


③ 충청남도 빛공해 환경영향평가 추진

- (관련근거) 인공조명에 의한 빛공해 방지법 제16조
 - 시·도지사는 주변지역에 미치는 빛환경 영향을 3년마다 1회 평가
- (사업기간) 2018. 6 ~ 12월(7개월)
- (사업내용)
 - 지역환경 현황 조사, 시군별 대표지역 측정 및 조사(약 200개소)
 - 빛공해 영향분석 및 저감방안, 빛공해환경영향평가 활용방안 제시 등
- (활용방안)
 - 빛공해환경영향평가 조사결과를 근거로 충청남도 조명환경관리 구역 지정, 빛공해방지계획 수립 등에 활용

④ 조명환경관리 구역 지정 절차

- (지정절차)



- (구역구분) 보호대상에 따라 제1종부터 제4종까지 구분·지정

구 분	범 위	예 시(서울시)
제1종	인공조명이 자연환경에 악영향을 미치는 구역	북한산, 도봉산
제2종	인공조명이 농림수산업의 영위 및 동·식물의 생장에 악영향을 미치는 구역	우의천 한강 시민공원
제3종	인공조명이 국민의 주거생활에 악영향을 미치는 구역	종로구 계동길 등 주거지역
제4종	인공조명이 국민의 쾌적하고 건강한 생활에 악영향을 미치는 구역	동대문, 신촌 등 상가지역

참고 1

자연발생석면 광역지질도 조사결과

□ 전국 100,708.17km² 조사 작성

○ (가능성 높은 지역(초염기성암, 207.36km²) 충남 157.25, 경북 21.91 경기 9.3, 전남 8.52, 강원 5.95, 충북 3.05, 울산 1.32, 대구 0.06

○ (가능성 중간지역(염기성암): 2,486.34km²) 강원 624.04, 경북 494.76, 경남 330.69, 충북 277.49, 충남 178.57, 경기 135.18, 전남 128.86, 전북 114.81, 인천 108.98

○ 전국 석면함유가능 암석 면적 현황

(단위 km²)

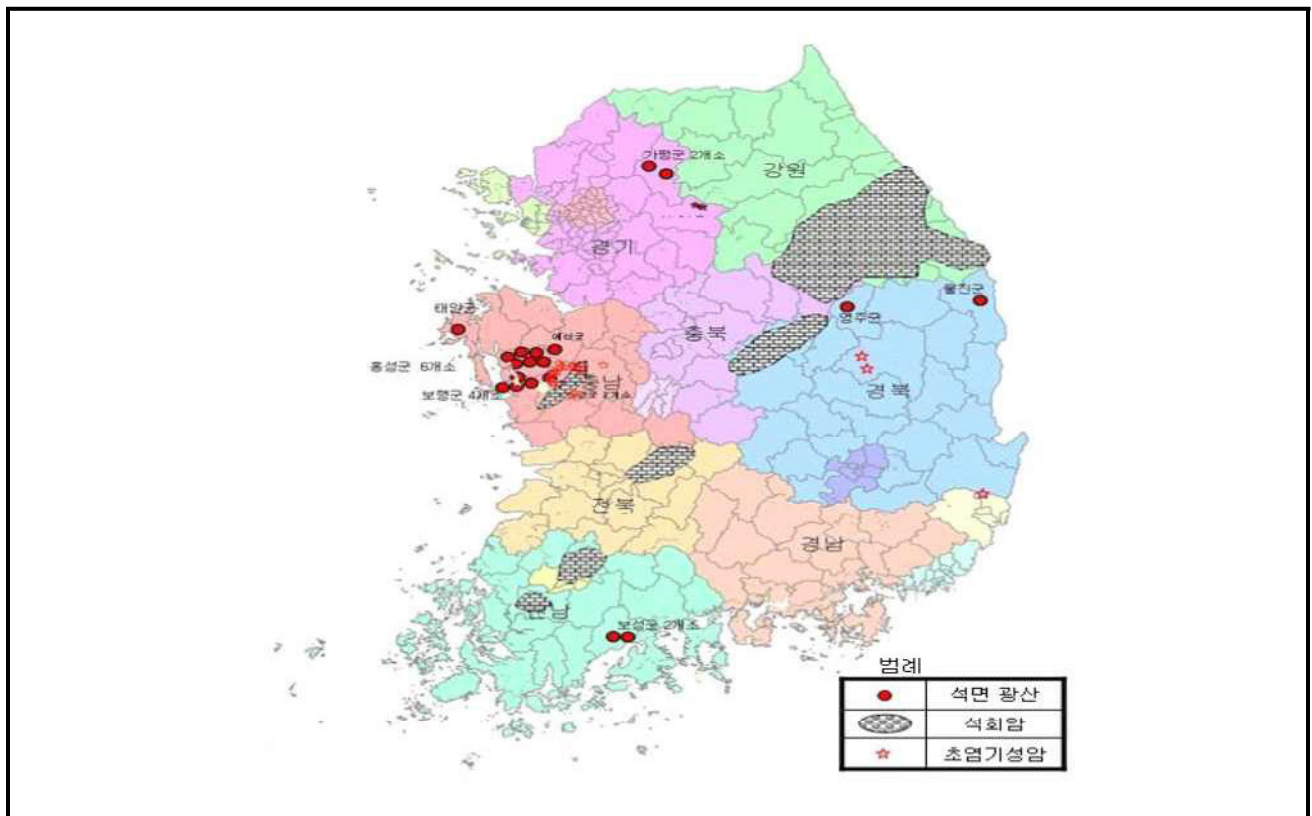
구 분	가능성 높은 지역 = 초염기성암(1)	가능성 중간 지역 = 염기성암(2)	가능성 낮은 지역 = 기타 암석(3)			광구도 광구도 (4)	총 합계 (1+2+3+4)
			계	변성 퇴적암	기타 변성암		
강원도	5.95	624.04	1,048.93	582.89	466.04	59.02	1,737.94
경기도	9.3	135.18	543.54	34.55	508.99	32.51	720.53
경상남도	0	330.69	79.76	27.33	52.43	0	410.45
경상북도	21.91	494.76	293.45	113.49	179.96	54.76	864.88
대구광역시	0.06	45.04	2.96	2.96	0	48.06	48.06
대전광역시	0	16.54	3.96	0.63	3.33	0	20.50
부산광역시	0	5.51	0	0	0	0	5.51
서울특별시	0	0.79	15.82	0.03	15.79	0	16.61
세종특별자치시	0	21.04	2.9	0.73	2.17	23.94	23.94
울산광역시	1.32	1.02	0	0	0	1.74	2.34
인천광역시	0	108.98	15.95	0	15.95	0	124.93
충청남도	157.25	178.57	208.392	9.24	199.152	140.31	684.52
충청북도	3.05	277.49	350.02	165.32	184.7	34.36	664.92
전라남도	8.52	128.86	144.39	12.25	132.14	0	281.77
전라북도	0	114.81	108.67	25.01	83.66	11.12	234.6
광주광역시	0	3.02	2.3	0.59	1.71	5.32	5.32
제주도	0	0	0	0	0	0	0
총 합계	207.36	2,486.34	2,821.04	975.02	1,846.02	333.82	5,848.56

□ 충남 자연발생석면 우려지역 현황

구 분	NOA 지역(km ²)	전국 면적 대비(%) (100,708.17km ²)	충남 면적 대비(%) (9,252.06km ²)
계	684.52	0.680	7.399
초염기성암 분포	157.25	0.156	1.700
염기성암 분포	178.57	0.177	1.930
변성퇴적암 분포	9.24	0.009	0.100
기타변성암 분포	199.152	0.198	2.153
광구도 분포	140.31	0.139	1.517

※ 면적대비 암석 분포 : 기타변성암 > 염기성암 > 초염기성암

□ 전국 자연발생석면 우려지역 분포도



참고 2

폐석면광산 주변지역 등 건강영향조사

○ 지역 및 대상

년도	지역 및 대상	검진인원
합계	○ 폐석면광산 : 25개소 ○ 석면함유 가능광산 : 2개소(당진 채석장, 사동규사) ○ 석면운반(하역장) : 2개소(주포면, 화양역) ○ 슬레이트가옥 밀집지역 : 1개소(금산군) ○ 폐석면광산 반경 2km 이내+이주민+희망자 : 7개시·군3,323	18,317
2009	○ 폐석면광산(14개) 반경 1km 이내 (보령, 청양, 홍성, 예산, 태안)	4,057
2010	○ 폐석면광산 반경 2km 이내+이주민+희망자 ○ 석면상하차역 주변 : 주포면(마강리, 봉당리, 보령리)	4,684
2011	○ 태안군 소원면, 보령시 오천면 인근 주민	82
2012	○ 폐석면광산 : 재정(보령), 광천서산(서산), 홍성(홍성), 대천리(예산), 청산리·영진(태안) ○ 석면함유 가능광산 : 당진 채석장 반경 1km 이내 (송악면: 부곡리, 월곡리, 오곡리)	1,304
2013	○ 폐석면광산 : 보덕(보령), 광천서산(서산), 홍성(홍성), 대천리·홍동·웅봉(예산) ○ 고위험군 재조사 : 신석·대보·보덕·재정·보령(보령) 광천·매현(홍성) ○ 석면함유 가능광산 : 사동규사(홍성)	2,100
2014	○ 석면함유 가능광산 : 당진 채석장 반경 2km 이내 (부곡리, 월곡리, 오곡리 제외) ○ 석면운반(하역장) : 화양역(홍성) 인근 주민 ○ 고위험군 재조사 : 홍성·보령 폐석면광산 인근주민	1,554
2015	○ 폐석면광산 추가조사 : 홍성군(장곡면, 은하면, 결성면) ○ 슬레이트가옥 밀집지역 : 금산군(남일면, 부리면)	1,213
2016	○ 폐석면광산 반경2km이내+10년이상거주자+20세이상 ○ 보령시 오천면, 주포면 인근주민	340
2017	○ 폐석면광산 반경2km이내+10년이상거주자+20세이상 ○ 7개시·군 : 공주, 보령, 부여, 서천, 청양, 태안, 홍성	2,983

○ 조사결과(석면질환 의심자)

구분	검진인원	석 면 질 환 의 심 자				
		계	폐암	석면폐증	흉막반	불분명흉막반 &석면폐의증
합계	18,317	1,175	32	601	372	170
2009	4,057	413	7	179	227	-
2010	4,684	167	6	92	69	-
2011	82	1	-	1	-	-
2012	1,304	81	-	58	9	14
2013	2,100	162	9	116	19	18
2014	1,554	59	4	35	7	13
2015	1,213	149	5	52	17	75
2016	340	45	0	4	9	32
2017	2,983	98	1	64	15	18

참고 3 석면피해자 현황 및 지원내역

□ 석면피해자 현황(2017. 12.)

○ 석면피해자 수(누적인원) : 1,071명(피해인정자 978, 특별유족 93)

※ 전국 : 2,842명(피해인정자 2,142, 특별유족 696)/ 충남도 38% 차지

○ 시·군별/질환별 석면피해자 현황(누적인원)

(단위 : 명)

구분	총 계	석 면 피 해 인 정 자						특 별 유 족 인 정 자							
		소계	악성 중피종	폐암	석면폐증			흉막 비후	소계	악성 중피종	폐암	석면폐증			흉막 비후
					1급	2급	3급					1급	2급	3급	
계	1,071	978	24	121	830			3	93	38	44	11			
					90	310	430					1	5	5	
천안시	10	4	2	1	1				6	4	2				
							1								
공주시	8	4		2	2				4	4					
							2								
보령시	465	437	6	39	391			1	28	8	14	6			
					43	152	196						2	4	
아산시	12	11	1	1	9				1		1				
					2	4	3								
서산시	12	8	2	3	3				4	3		1			
						1	2						1		
논산시	7	1	1						6	4	2				
계룡시	3	2	2						1	1					
당진시	9	7	1	1	5				2	2					
					1	3	1								
금산군	3	2	1		1				1	1					
							1								
부여군	3	1			1				2	2					
						1									
서천군	4	2			2				2	2					
					1	1									
청양군	31	24	1	3	20				7	2	4	1			
					2	7	11					1			
홍성군	473	449	4	67	377			1	24	2	19	3			
					39	134	204						2	1	
예산군	22	19	2	3	13			1	3	2	1				
					2	4	7								
태안군	9	7	1	1	5				2	1	1				
						3	2								

○ 시·군별/질환별 석면피해자 현황(생존자)

(단위 : 명)

구 분	계	석 면 피 해 인 정 자					
		악성 중피종	폐암	석면폐증			홍막 비후
				1급	2급	3급	
계	834	9	68	756			1
				63	273	420	
천안시	7	2	1	4			
					1	3	
공주시	4		1	3			
						3	
보령시	386	2	22	362			
				29	138	195	
아산시	14	1		13			
				1	7	5	
서산시	4			4			
					2	2	
계룡시	1	1					
당진시	7	1	1	5			
				1	3	1	
금산군	2	1		1			
						1	
부여군	2			2			
					1	1	
서천군	2			2			
				1	1		
청양군	16		1	15			
				2	4	9	
홍성군	370		40	329			1
				27	111	191	
예산군	16	1	2	13			
				2	4	7	
태안군	3			3			
					1	2	

□ 석면피해 구제급여 지급 현황

- 지급대상 : 석면노출로 인한 건강피해자 또는 사망한 사람의 유족
- 구제급여별 지급현황

(단위 : 백만원)

연도별	계	요양급여	요양생활수당	구제급여조정금	특별유족조위금 및 특별장의비	진찰 검사비
계	15,746	207	11,310	1,384	2,816	29
2017	3,075	69	2,469	202	333	2
2016	3,040	69	2,386	240	340	5
2015	2,615	38	2,084	161	328	4
2014	2,651	17	1,756	264	613	1
2013	2,141	3	1,325	198	610	5
2012	1,615	3	860	259	487	6
2011	609	8	430	60	105	6

※ 재원 : 도비 5%, 시군비 5%, 석면피해구제기금 90%

□ 구제급여의 종류

구제급여명	지 급 시 기	지급대상
요양급여	의료기관으로부터 석면질환의 치료를 받은 경우(치료에 소요되는 비용)	석면피해 인정자
요양생활수당	요양급여 외 석면질환의 치료·요양 및 생활에 필요한 경비(매월 지급)	석면피해 인정자
특별조위금 및 특별장의비	석면피해인정 신청을 하지 아니한 사람이 「석면피해구제법」 시행 후 석면질환으로 사망한 경우 또는 피해인정 신청 후 인정받기 전 석면 질환으로 사망 경우	특별유족 인정자
장의비	피해인정자가 석면질환으로 사망한 경우	장제를 같이 지낸 유족
구제급여조정금	피해인정자가 석면질환으로 사망한 경우로서 지급받은 요양급여와 요양생활수당의 합계액이 특별유족조위금의 액수보다 적은 때	사망 당시 생계를 같이 하고 있던 유족

□ 2018년도 구제급여별 지급금액

○ 2018년도 기준 중위소득

구 분	1인가구	2인가구	3인가구	4인가구	5인가구	6인가구
금 액(원/월)	1,672,105	2,847,097	3,683,150	4,519,202	5,355,254	6,191,307

※ 보건복지부 고시 제2017-139호(2017.8.4)

○ 구제급여별 지급금액

피해인정 질병		요양생활수당		장의비 및 특별장의비		특별유족조위금							
원발성 악성종괴		1,352,370원 (2인 가구 기준 중위소득의 475/1000)				38,307,600원 (장의비의 1,500/100)							
		기금	지자체			기금	지자체						
		1,217,140원	135,230원			34,476,840원	3,830,760원						
원발성 폐암		1,352,370원 (2인 가구 기준 중위소득의 475/1000)						38,307,600원 (장의비의 1,500/100)					
		기금	지자체					기금	지자체				
		1,217,140원	135,230원					34,476,840원	3,830,760원				
미만성 흉막비후		973,700원 (2인 가구 기준 중위소득의 342/1000)						2,553,840원 (2인 가구 기준 중위소득의 897/1000)		19,153,800원 (장의비의 750/100)			
		기금	지자체							기금	지자체		
석면 폐증	1급	876,330원	97,370원							2,298,460원	255,380원	17,238,420원	1,915,380원
	2급	649,130원 (2인 가구 기준 중위소득의 228/1000)								12,769,200원 (장의비의 500/100)			
		기금	지자체							기금	지자체		
		584,220원	64,910원							11,492,280원	1,276,920원		
	3급	324,560원 (2인 가구 기준 중위소득의 114/1000)								6,384,600원 (장의비의 250/100)			
		기금	지자체							기금	지자체		
		292,110원	32,450원							5,746,140원	638,460원		

※ 지급금액 10원단위 미만 절사지급 : 「국고금관리법」 제47조(국고금의 끝수 계산)

※ 구제급여 분담비율 = 기금(90%, 원단위 절상) : 지자체분담(10%, 원단위 절하)

※ 위 구제급여액은 「석면피해구제법 시행령」 별표2에 따라 산출된 금액으로 급여 지급 시 변경되지 않도록 주의하여 주시기 바랍니다.

※ 적용기간 : 2018.1.1 ~ 2018.12.31.

참고 4 조명기구의 범위 및 빛방사 허용기준

□ 조명기구 범위

구 분	범 위 (비추는 대상)
제1호 (공간조명)	『도로법』 제2조제1항제1호에 따른 도로
	『보행안전 및 편의증진에 관한 법률』 제2조제1호에 따른 보행자길
	『도시공원 및 녹지 등에 관한 법률』 제2조제1호에 따른 공원녹지
	그 밖에 특별시·광역시·특별자치시·도 또는 특별자치도(이하 “시·도”라 한다)의 조례로 정하는 옥외공간
제2호 (광고조명)	『옥외광고물 등 관리법』 제3조에 따라 허가를 받아야 하는 옥외광고물을 비추는 발광기구 및 부착장치
제3호 (장식조명)	『건축법』 제2조제1항제2호에 따른 건축물 중 연면적이 2천제곱미터 이상이거나 5층 이상인 것
	『건축법 시행령』 제3조의 4에 따른 숙박시설 및 위락시설
	『교량』
	『그밖에 해당 시·도의 조례로 정하는 것』

□ 빛방사 허용기준(조명환경관리구역 지정 시)

대상조명		기준	1종	2종	3종	4종	적용시간
주거지 조도		최대	10	10	10	25	해진 후 60분 ~ 해뜨기 전 60분
발광표면 휘도	점멸 또는 동영상변화가 있는 광고물	평균	400	800	1,000	1,500	해진 후 60분 ~ 24:00
			50	400	800	1,000	24:00 ~ 해뜨기 전 60분
	그 밖의 광고물	최대	50	400	800	1,000	해진 후 60분 ~ 해뜨기 전 60분
	장식조명	최대	20	60	180	300	해진 후 60분 ~ 해뜨기 전 60분
		평균	5	5	15	25	

※ 조도 : 표면의 단위 면적에 비추는 빛의 양, 단위(럭스(lx), lm/m²)

휘도 : 어떤 방향에서 본 물체의 밝기의 정도, 단위(cd/m²(칸델라/제곱미터))

[부록]

2. 제 2차 포럼

실내 라돈관리에 대한 국제 현황

충남 환경보건열린포럼
제2차 워크숍
한국원자력안전기술원
김용재
2018.07.11 (수)

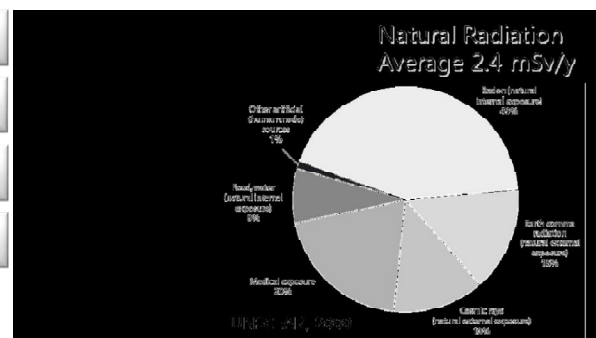
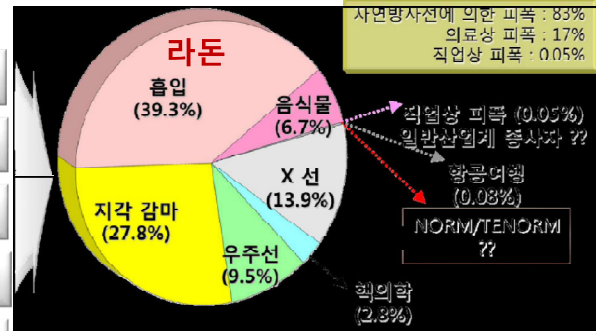


목차

- 개요
- D 침대 사건
- 라돈 관리에 대한 국제 기구의 권고
- 라돈 관리의 해외 현황
- 요약



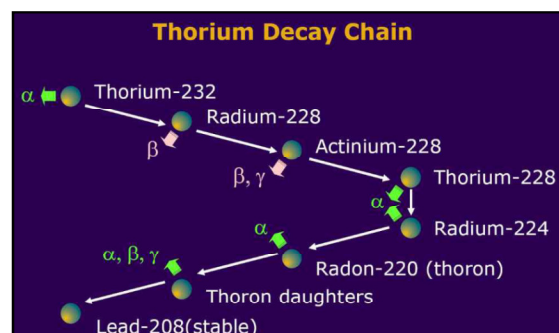
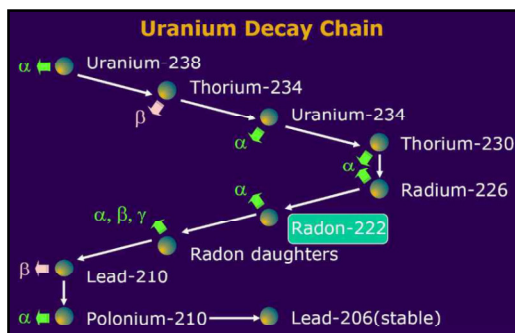
우리국민 평균 방사선 피폭 (연간 약 3.1 mSv)



NORM 자연기원 방사성물질 (NORM)



- **NORM** (Naturally Occurring Radioactive Material)
 - 천연방사성 핵종이 포함된 물질 (산업 원료물질에 포함된 천연 방사능)
 - 주요핵종 : 우라늄, 토륨, K-40 등
 - 예)
 - 석탄, 인광석 (비료), 보크사이트 (알루미늄), 점토광물, 저어콘 (내화물)
 - 모나자이트 (희토류 인산염 광물) 등

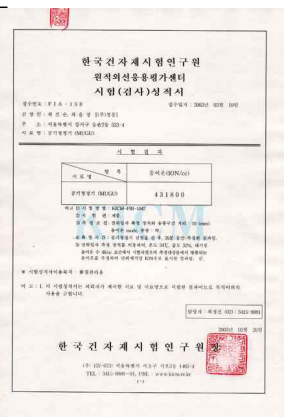
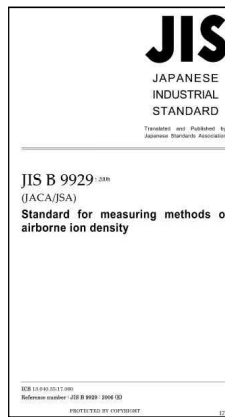


모나자이트 침대 사건 모나자이트와 음이온

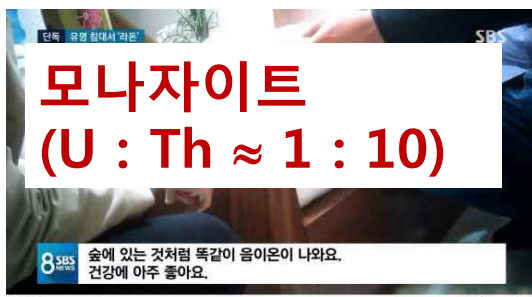
- 음이온 관련 제품 특허 : 약 18만개
- 음이온 성적서를 마케팅에 활용
- 음이온 측정후 성적서 발급
 - 음이온 측정기는 방사선측정기와 유사
 - 일반적인 광물에서 음이온 발생 안하므로 소량의 **모나자이트** 첨가 (희토류 인산염광물, 토륨 4-9%)

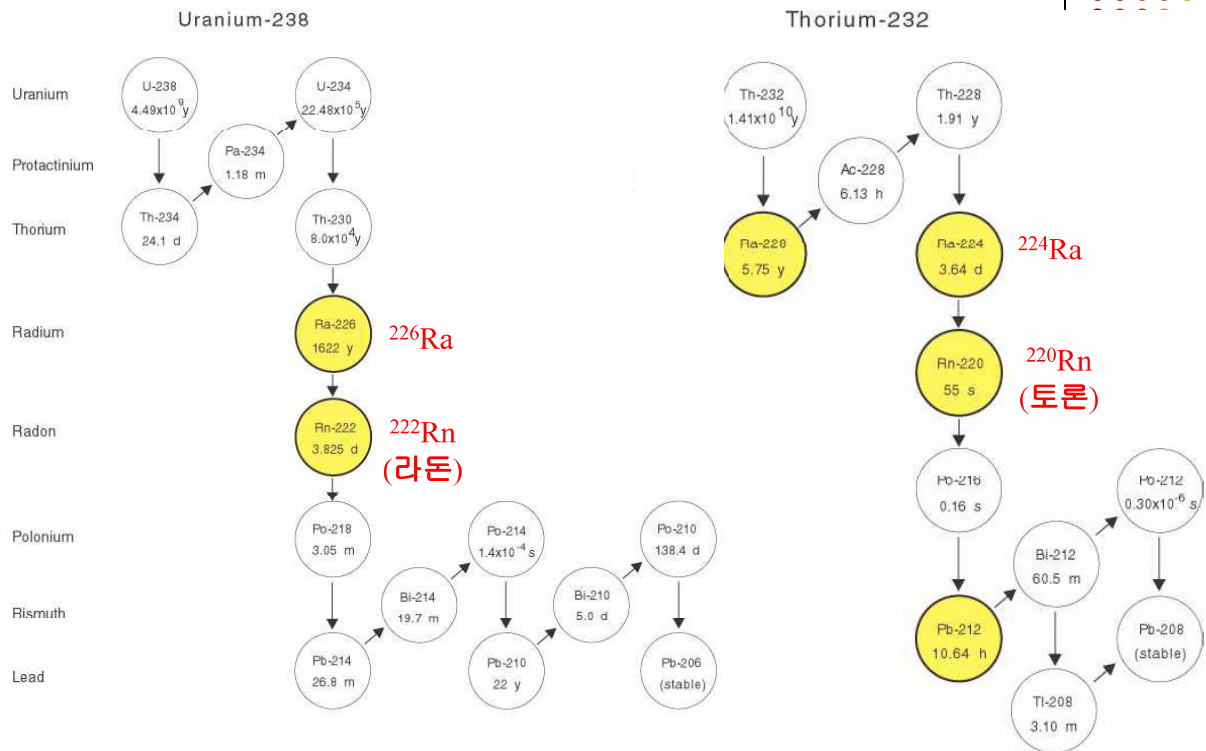


- 생방법 제정 이후 둔갑
 - 예, 이온파우더, 칠보석 등 비과학적 용어로 둔갑



모나자이트 침대 사건 방송내용 (`18. 05. 03)





7

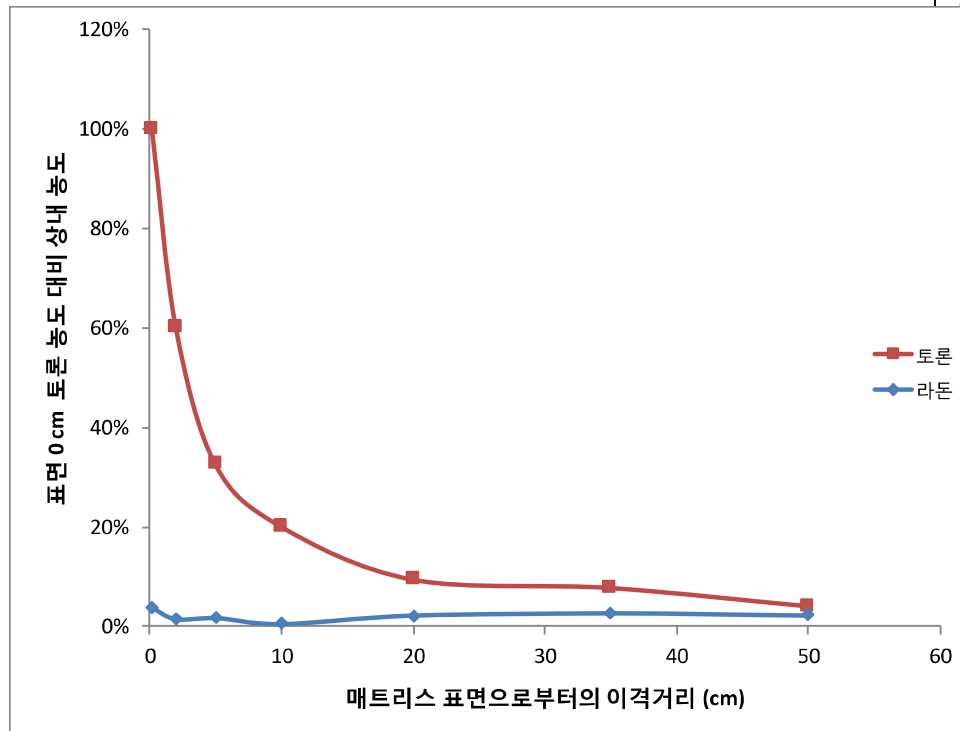
라돈 및 토론의 특성 라돈 & 토론 (명확한 구분 필요)



	라돈 (Rn-222)	토론 (Rn-220, Tn)	비고
반감기	3.8 일	55.6 초	
이동거리	수 십 m ~ ??	수 십 cm	
실내 발생원	건물 하부 토양, 암석 건축재료, 지하수 등	건축재료	
저감법	환기, 바닥 밀봉 건물 하부 공기 배출	도배, 장판 시공 비닐 (99.9% 저감)	환기 중요
딸핵종	Po-218, Po-214	Po-216, Po-212 (via Pb-212)	피폭에 기여
유효 딸핵종 비율	40%	1% ~ 3%	환기 중요
피폭 수준	자연방사선 피폭의 50%이상	라돈 피폭의 약 10%	

8

라돈 및 토론의 특성 토론의 이동거리



9

모나자이트 침대 사건 가공제품 안전기준 (생방법 15조)



- 침대 매트리스의 피폭선량이 연간 **1 mSv를 초과** → 리콜 명령
 - 최고 : 약 14 mSv/y (원자력안전위원회 2차 언론 발표)

	가공제품 기준	실내 공기질 권고치	비고
피폭종류	추가 피폭	기존 피폭 (예, 라돈)	
기준	+ 1 mSv/y (기존피폭 제외)	10 mSv/y (ICRP)	환경부 공동주택기준 : 6.7 mSv/y (200 Bq/m ³)

10

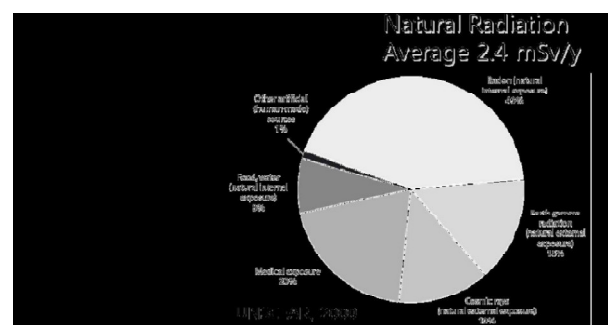
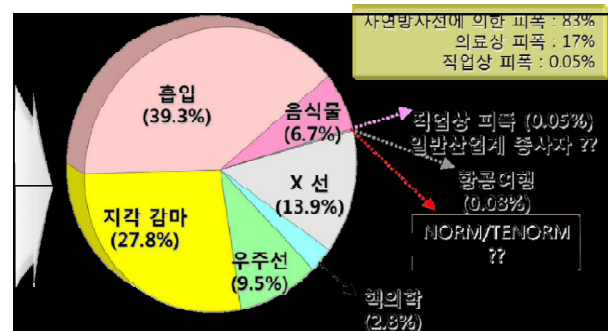
모나자이트 침대 사건 대책



- 모나자이트가 문제의 핵심
 - 원자력안전법 등 관련 법 개정 및 부처 협력
 - 생활밀착 제품 (예, 침구류 등)에 모나자이트 사용 근절
 - 제품 표시제 도입 (소비자 선택)
- 일반 가옥내 라돈 대책
 - 생활주변 방사선 안전법 등 관련 법 개정

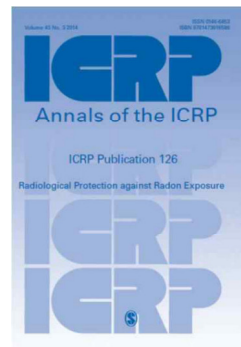
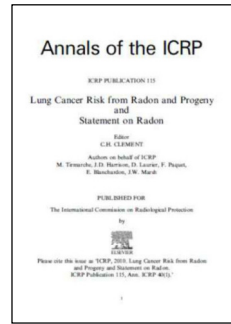
11

일반 가옥에서의 라돈

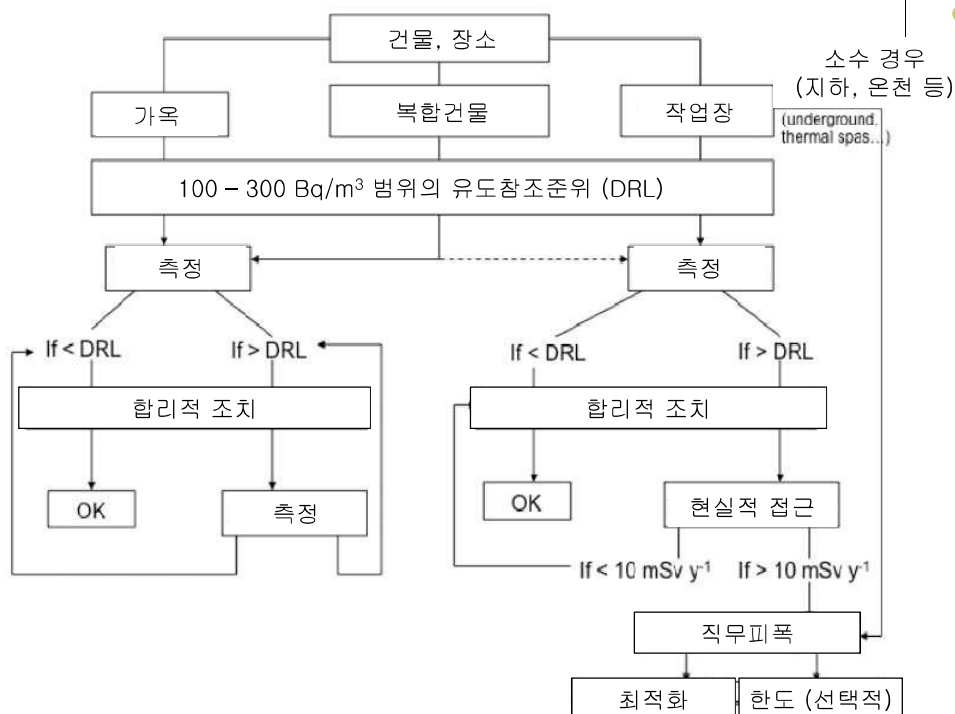


국제기구의 권고 ICRP (국제 방사선 방호 위원회)

- 라돈 전략의 요점
 - 라돈 전략은 솔직, 현실적, 복잡하지 않아야 하고, **합리적**
 - 일반 **가정**을 주목 및 관리
 - 피폭이 가장 큰 개인**의 피폭을 낮추는데 집중
 - 공중 보건 정책과 결합 (에너지 전략, 금연, 실내공기질 정책 등)
 - 적절한 참조준위(**reference level**)와 최적화 (**Optimization**) 원칙
 - 참조준위 (10 mSv/y) → 유도 참조준위 (가옥: 연간 300 Bq/m³)
 - 가옥의 유도 참조준위를 다른 건물에 **공통적으로 적용**
 - 작업장은 차등적 적용
 - 유도참조준위 적용 (if >300 Bq/m³) → 선량평가 (if > 10 mSv/y) → 방사선 종사자로 관리

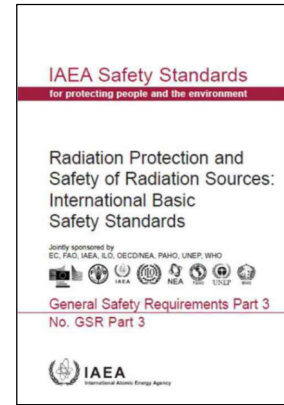


국제기구의 권고 ICRP – 라돈 관리의 일반적 접근법



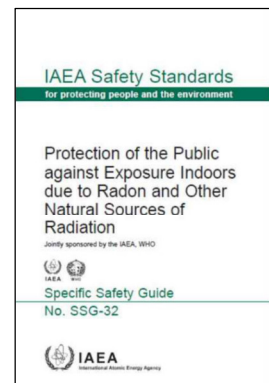
국제기구의 권고 IAEA (국제 원자력기구)

- 안전원칙 (IAEA GSR part 3)
 - Requirement 47 (정부의 역할)
 - 기존피폭상황 관리 목적으로 법 또는 규제체계를 설립
 - 목적(목표), 라돈 참조준위 명시,
 - 규제 당국, 단체, 유관기관의 책임 부여 및 개입 허용
 - Requirement 50 (실내 라돈에 의한 일반인 피폭)
 - 라돈 준위 및 건강상 위험도 관련 정보 제공
 - 조치 계획 수립 및 이행
 - 대표 라돈조사 (representative radon survey)
 - 참조준위 및 저감 계획 수립 (사회, 경제적 상황 고려)
 - 라돈 관심지역 규명 (radon-prone area)
 - Requirement 52 (작업장 내 라돈 피폭)
 - 사회적, 경제적 상황을 고려하여 1,000 Bq/m³ 이내로 관리



국제기구의 권고 IAEA

- 세부 안전지침 (IAEA SSG-32)
 - 라돈 정보 제공 :
 - 라돈 농도 분포, 건강상 위험, 타 정책과의 상충 가능성 등
 - 실내 라돈 조사 :
 - 지리 기반 라돈 조사(via 1 년 조사)를 통한 라돈지도 개발
 - 실행 계획 :
 - 참조준위 설정, 유의지역(또는 관심지역) 파악,
 - 조치의 우선순위 부여, 건축법에 포함,
 - 성과 평가, 비용편익 분석 등
 - 라돈 농도 측정 : 품질관리 체계 구축



국제기구의 권고 IAEA



● 세부 안전지침 (IAEA SSG-32) - 계속

- 라돈 참조준위 설정 :
 - 실행 가능한 수준에서 설정, 이해관계자들과 상의 등
 - ★ 참조준위는 안전과 위험의 경계선이 아님, 조치의 지침값
- 라돈 유의지역 설정 :
 - 유의지역에 적용되는 구체적인 조치 마련
- 라돈 피폭관리 및 저감 :
 - **조치의 결정권자는 건물주** (필요시 정부 보조),
 - 건물 신축시 건축법에 반영, 차등적 접근 (라돈이 높은 건물에 **우선순위** 부여),
 - 건축자재 관리 등
 - 방사능 농도 지수, 1 이하로 관리
 - 1 mSv/y 이하로 관리되면, 라돈 농도는 200 Bq/m³ 초과 안함

$$I = \frac{C_{Ra}}{300} + \frac{C_{Th}}{200} + \frac{C_K}{3000} = 1 \approx 1 mSv / y \text{ (bulk 재질)}$$

국제기구의 권고 IAEA

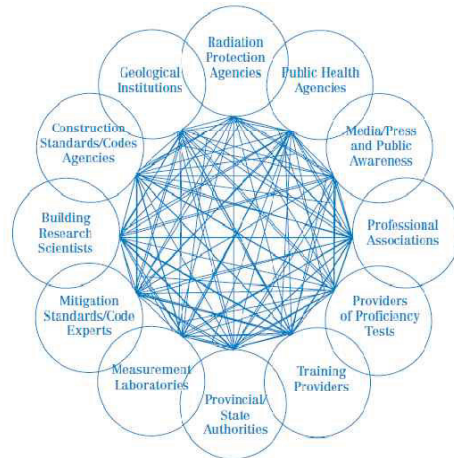
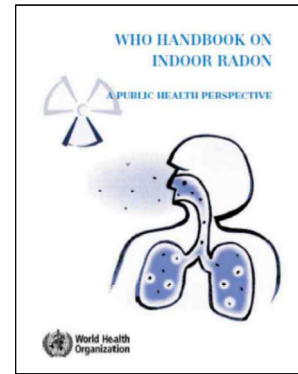


● 세부 안전지침 (IAEA SSG-32) - 계속

- 실행 계획의 장기적 효과 평가
- 토론 피폭
 - 국가기관에서 실내 토론 피폭을 규제할 필요성은 없음, 필요시 참조준위 설정
 - 토륨 함량 높은 특정 건축자재 관리 필요
 - 저감 : 벽면/바닥 표면에 페인트나 밀폐제 도포로 쉽게 저감 (도배, 장판 재시공 효과적)

국제기구의 권고 WHO (세계 보건 기구)

- 목표: 국민의 risk 낮추는 것
→ 고농도 라돈 지역의 개인 피폭 저감
- 유도 참조준위 : 100 ~ 300 Bq/m³
- 건축법규 : 신축건물의 라돈 예방 조치
- 측정의 품질관리 :
 - 국가 라돈 측정 프로토콜, 가이드 필수
 - 라돈 DB 구축
- 여러 기관의 참여
- 라돈 지도 작성 (지리 기반 라돈 조사)



국제기구의 권고 EU (유럽 연합)

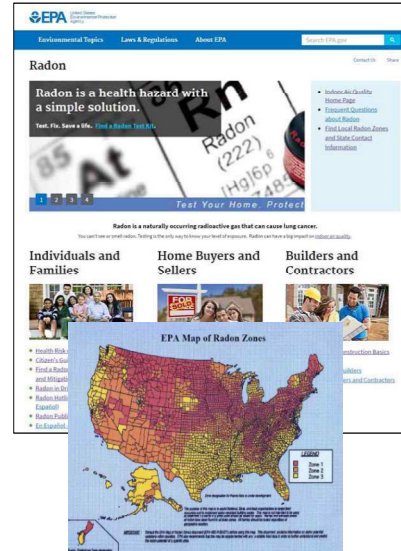
- 라돈 전략 설정
- 조치계획 수립
- 예방조치 이행 및 검증
- 참조준위 설정
- 라돈조사 수행
- 라돈 DB 관리
- 라돈 지도 활용
- 라돈 유의지역 활용
- 규제의 방향
- 홍보
- 측정 프로토콜



해외 현황 미국

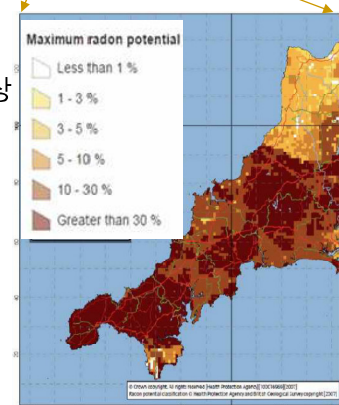
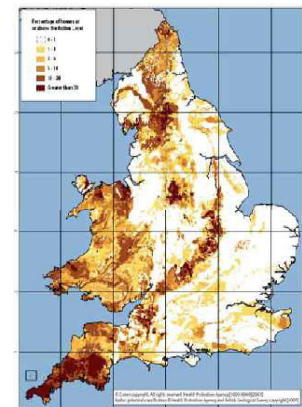


- 평균 농도 (AM: 46 Bq/m³, GM: 25 Bq/m³)
- 1967년부터, 우라늄 광산에서 라돈 및 라돈 자핵종 조사
- 1975~1978년, 상세 라돈 조사 (by DEO 산하 EML)
- 1988년 부터 25년간, 2,300 만건 라돈 측정
- 라돈 홈페이지 운영 및 가이드 제공
 - 관련 정보 old, 최신 정보 부재
- 라돈 정책 평가
 - 98%가 단기 측정 (Screening 목적으로 권고), 활성탄 측정이 60%-65%, 일부 단기 electret 등
 - 설치된 수동형 저감장치의 약 50%가 실패



해외 현황 영국 - 모범적

- 평균 농도 (AM: 20 Bq/m³, GM: 14 Bq/m³)
- 1987년, 라돈 관리 가이드 도입
- 유도참조준위 : 200 Bq/m³ (목표: 100 Bq/m³)
- 총 460,000 개 가옥 라돈 조사 → 계절보정, 온도보정 → map 작성 (1 km x 1 km 격자)
- UKRadon 홈페이지 (공중보건청)
 - 고농도 라돈 지역 설정 (via 라돈 map)
 - Radon Affected Area: 200 Bq/m³ 초과 확률이 1% 이상
 - 저감 가이드라인
- 라돈 저감 권고
 - **Check** : Ukradon 홈페이지에서 RAA 지역 확인
 - **Measure** : RAA 내에 위치할 경우, 라돈 측정
 - **Act** : 참조준위 초과시 저감 조치 수행

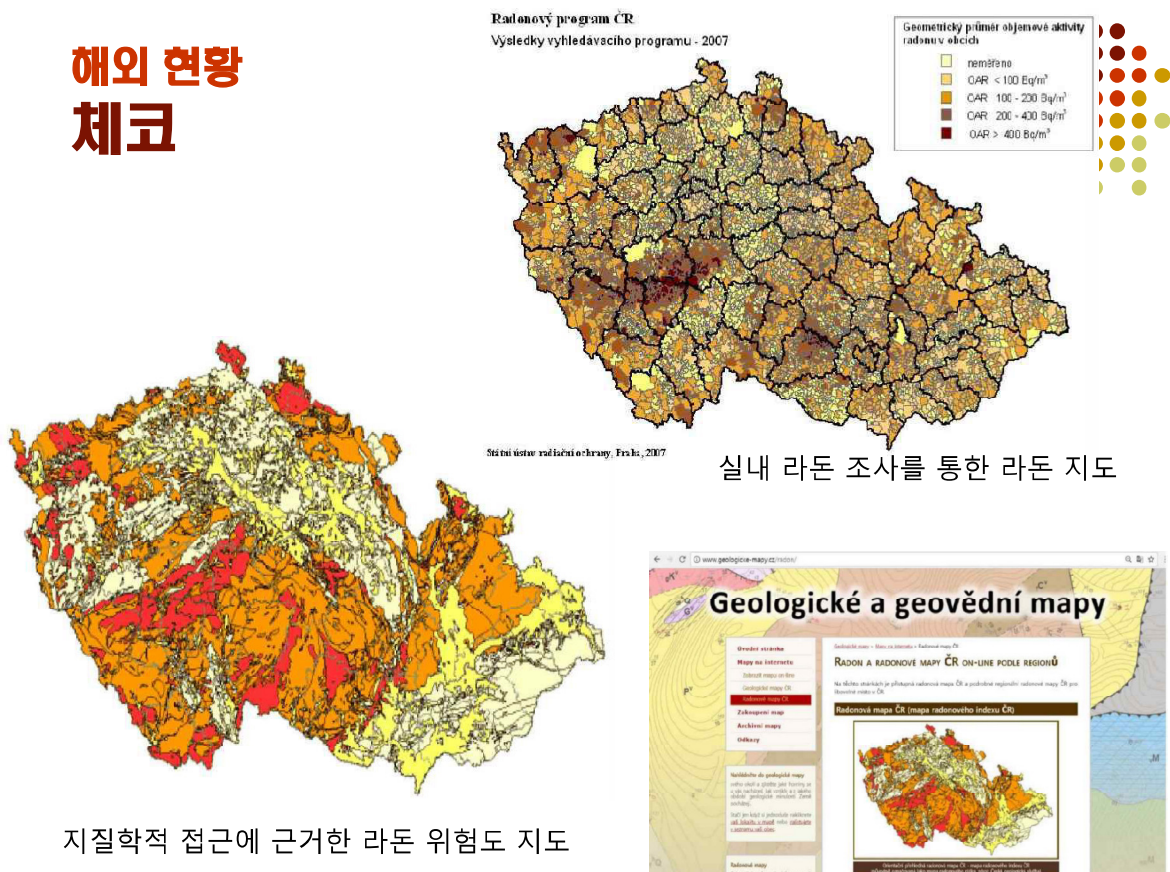


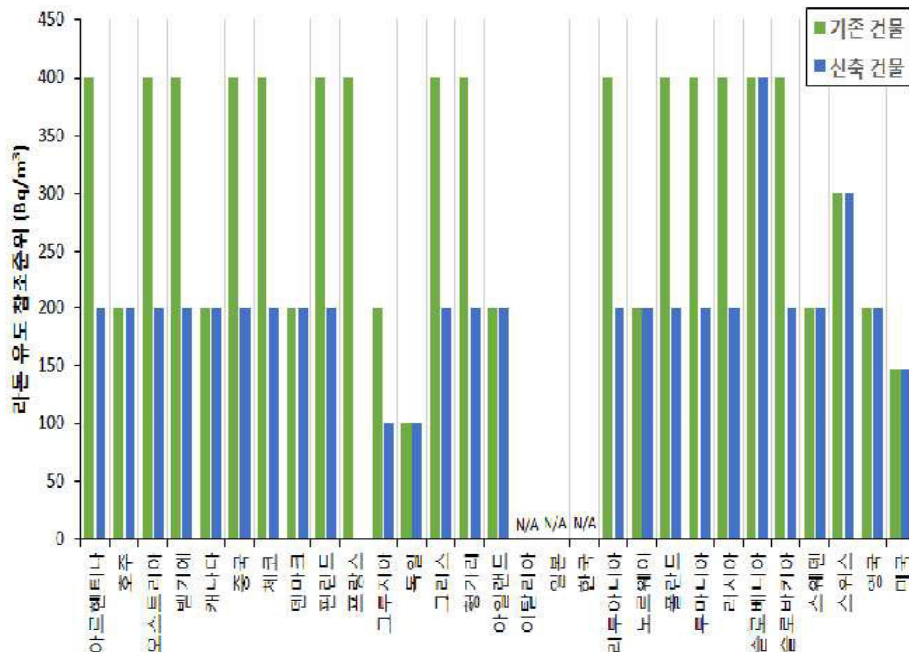
해외 현황 체코



- 평균 농도 (AM: 118 Bq/m³, GM: 94.4 Bq/m³)
- 80년대, ²²⁶Ra 고함량 건축재료에 의한 고농도 라돈 가옥 발견
- 1990년, 라돈 위험도 지도 발간 (1:200,000)
 - 176,000 가옥 조사
 - 약 2%가 400 Bq/m³ 초과, 약 0.2%가 1000 Bq/m³ 초과
- 1991년, 라돈 참조준위 설정 (신축: 200 Bq/m³, 기존: 400 Bq/m³)
- 2000년, 10년 라돈 조치계획 수립 (매 10년)
 - 원자력안전청, 재정부, 환경부, 지역개발부, 농업부, 산업통상부, 보건부 등 참여
- 조치계획 (4가지)
 - 대중인식 전략
 - 라돈예방 전략
 - 피폭관리 전략
 - 조치계획 이행을 위한 기술적 지원

해외 현황 체코





- 최종 목표
 - 신축건물에 저감조치 집중
 - 기존건물은 리모델링시 저감조치
 - * 기존건물 수는 저절로 감소

- 관련 다른 정책과 조화
(에너지 절약, 실내 공기질, 흡연 등)
- 필요시 지자체를 통한 자금 지원

- 정보 제공 (IAEA)
- EU 권고 (RADPAR)
 - 간단하고 정확한 메시지
 - 적절한 소통 채널 구축 등

- 혼란 방지
- 자가 방호 유도
- 저감 주체 : 건물주



- 법적 근거의 의한 최적화 (IAEA GSR P.3)
 - 참조준위 설정 (10 mSv/y 또는 300 Bq/m³ 이하)
 - 관심지역 설정 (ICRP, EU, IAEA)

- 선택과 집중 (정책의 우선순위 결정)
- 법 개정
 - . 생활주변 방사선 안전법
 - . 실내 공기질 관리법
 - . 관련 건축법

- 라돈 지도 개발 (IAEA) → **선택과 집중**
 - 인구비례 조사 (WHO, EU) - **평균농도**
 - 지리기반 라돈조사 (WHO, EU) - **map**

- 국가 라돈 DB 구축
- 대중 소통의 기초자료 확보

모든 해충을 완벽히 박멸할 수 없다.
그렇게 해서도 안된다.
작물에게 피해가 최소화되는 수준에서
적절히 관리해야 한다. → Optimization





1 라돈의 개요

❖ 암석 토양 등에 포함된 **우라늄**과 **토륨**이 방사능 붕괴를 하면서 라듐(^{226}Ra , ^{224}Ra)을 거쳐 라돈 (^{222}Rn , ^{220}Rn)

✓ 우라늄, 토륨, → **고체**

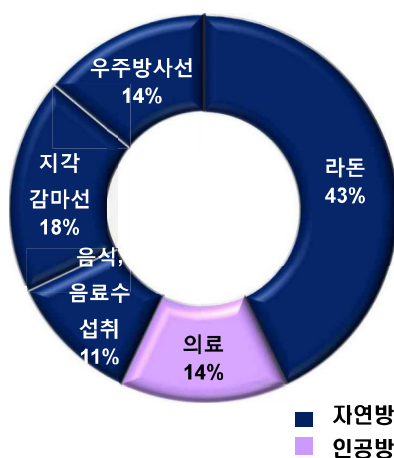
✓ 라돈 → **기체**

✓ 반감기 : ^{222}Rn **3.82일**, ^{220}Rn **55.6초**



3

2 라돈의 인체 유해성



WHO, Radon Handbook, 2009 **라돈노출**

- 총 폐암 발생률 : **3~14%**
- 비흡연자 폐암 발생 **제 1원인**
- 국가기준을 **2.7pCi/L**로 권고
- 건강영향에 대한 과학적인 자료를 고려할 때 **8.1pCi/L**를 초과해서는 안됨

❖ 합리적으로 달성가능 한 수준으로 국가 기준을 결정

❖ $2.7\text{pCi/L} = 100\text{Bq/m}^3$, $8.1\text{pCi/L} = 300\text{Bq/m}^3$

4

3 현 황

우리나라 주택
연평균 라돈 농도

95.4 Bq/m³

[2016, 국립환경과학원]

OECD 평균 실내
연평균 라돈 농도

39 Bq/m³

미국 EPA 기준, 실내라돈으로 인한 **국내 연간 폐암 환자수는 약 2,100명**
폐암 환자 1인당 비용 부담액은 46,573천원이며, **연간 약 978억**

5

Ⅱ. 실내 라돈 관리 체계 (실내공기질 관리법)

mev

6

1 관리 체계 [실내공기질관리법]

◆ 다중이용시설 및 공동주택의 라돈 관리

< 다중이용시설 >

권고 기준: **148 Bq/m³**
2년마다 자가측정하고
그 결과를 기록 보존

< 공동주택 소유자 등 >

권고 기준: **200 Bq/m³**

< 신축 공동주택 >

권고 기준: **200 Bq/m³**
입주 7일전까지 측정하고
그 결과를 관할 지자체 제출
및 해당 공동주택에 60일
이상 게시

7

1 관리 체계 [실내공기질관리법]

◆ 실내 라돈 관리

< 실내 라돈 조사 및 지도 작성 >

건강피해를 줄이기 위해 실내
라돈 조사 실시 및
라돈 농도 지도 작성
[법 제11조의2 및 11조의3]

< 라돈관리계획 수립 >

라돈 조사 및 농도 지도를
기초로 건강피해가 우려되
는 경우 해당 지자체에 라돈
관리계획 수립 · 시행 요청
[법 제11조의4]

< 라돈저감공법 사용권고 >

라돈으로 인한 건강피해가 우려
되는 경우 해당 지자체 장은
다중이용시설과 공동주택 설치자
에게 저감공법 사용 권고
[법 제11조의4]

✓ 환경부 장관은 시 · 도지사에게 라돈 조사 및 관리계획 수립 · 시행에 필요한 기술적 · 행정적 · 재정적
지원을 할 수 있음

8

2 대국민 서비스 실시

◆ 라돈 관련 대국민 서비스 실시

<전국 주택 라돈 농도 조사>

- ❖ 학교, 관공서 ['08 ~ '09], 주택 ['10 ~]
- ❖ 병영시설 ['12 ~ '13] 라돈 조사 실시
- ❖ '11년 부터 라돈 농도가 높은 주택 대상으로 '전국 주택 라돈실태 조사' 실시
 - ✓ 단독주택 > 연립·다세대 주택 > 아파트 순
 - ✓ 지역은 강원 전북, 충북, 대전 순
 - 지질대(화강암, 편마암 등)의 영향
 - ✓ 고농도 지역은 집중조사 및 저감시공* 실시 중

<실내 라돈 무료 측정 및 라돈 저감 서비스>

- ❖ 라돈 취약주택에 대하여 측정 및 컨설팅 지원
 - ✓ '16년부터 주민공동이용시설까지 대상 확대
- ❖ 1층 이하의 주택 거주자를 대상으로 라돈농도를 무료 측정하고, 고농도 주택*은 라돈 알람기 설치, 저감시공 지원(희망자)

9

3 전국 주택 라돈 농도 조사결과

- 1만 가구/2년(광역 8천, 집중 2천 가구), '18년까지 총 4만 가구 조사 목표

<주요 실태조사 결과>

구 분	학교	관공서	주 택				병영시설
조사연도 [조사대상]	'08~'09 [661]	'08~'09 [439]	'10~'11 [1,000]	'11~'12 [10,000]	'13~'14 [10,000]	'15~'16 [10,000]	'12~'13 [3,357]
조사결과 [평균, Bq/m ³]	98.4 [사계절]	51.4 [사계절]	83.3 [사계절]	124.9 [겨울철]	102.6 [겨울철]	95.4 [겨울철]	105.3 [겨울철]

- 10~'11년까지 연평균 농도 수준을 파악하기 위하여 사계절 조사 실시
- '11~'12년부터는 라돈농도가 가장 높은 겨울철 조사 실시

10

3

전국 주택 라돈 농도 조사결과

- ❖ 주택 실내 라돈농도 실태조사 결과, 11- 12[124.9Bq/m³], ' 13- ' 14[102], ' 15- ' 16[95.4]로 낮아지고 있으나, 전체 조사 가구의 9.3%(735가구)가 200Bq/m³[공동주택 권고기준]을 초과(' 15- ' 16 조사 결과)
- ❖ 주택 유형별로는 단독주택[134.1Bq/m³] > 연립·다세대 주택[79.2] > 아파트[56] 순으로 높게 조사되었음
- ❖ 지역별로는 지질대(화강암, 편마암 등)의 영향으로 강원도가 149.7Bq/m³로 가장 높음(전북, 충북, 대전 순)
- 연도별·시군구별로 라돈지도를 작성·공개하고, 고농도 지역은 집중조사 및 저감시공 실시 중
- ✓ 토양가스배출장치 설치(건물 바닥의 토양 라돈을 직접 대기로 배출), 차폐시공 등

11

4

실내라돈 무료측정 및 라돈 저감 서비스

- 전국 주택 라돈실태조사 결과 및 라돈 농도 무료측정 결과를 토대로 선정

< 무료 측정·컨설팅 추진 현황 >

(단위 : 개소)

구분	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	계
측정 및 컨설팅	524	1,000	1,510	1,167	1,017	1,010	6,904
알람기 보급	231	705	801	905	289	201	3,132
저감시공	-	-	-	30	45	45	120

12

4

실내라돈 무료측정 및 라돈 저감 서비스

□ 라돈 저감 방법에 따른 저감 효율

저감방법	저감효율(%)	설치비용(만원)	운영비용(만원)
ASD	50~99	113~360	7~37
ASD(Membrane)	50~99	143~360	7~37
능동환기 (Under floor)	50~99	73~213	7~37
수동환기 (Under floor)	0~50	0~73	가변적
Radon Well	60~95	286~573	가변적
토양가압법	50~99	73~213	7~37
Crawl space 가압	50~99	73~213	20~73
수동환기 (실내)	가변적 임시적	-	13~100
능동환기 (실내)	30~70	30~360	1~73
HRV	가변적	140~290	9~58

13

5

국내 · 외 라돈 기준

□ 대부분 권고기준으로 관리하고 있으며, 일부 국가는 기존 건물과 신축건물(수리포함)로 이원화하여 설정

국가	기준(Bq/m ³)	대상	국가	기준(Bq/m ³)	대상
WHO	100	주택	영국	200	기존주택
				100	신축주택
한국	148	다중이용시설, 학교*	스웨덴 (의무기준)	200	기존주택
	200	공동주택**		200	신규주택
미국	148	주택, 학교	핀란드 체코	400	기존주택
독일	100	주택		200	신규주택

* 근거법 : 「학교보건법」 제4조, 시행령 제3조제1항

** 시행(2018.1.1.) 이후 사업계획 승인을 받는 신축공동주택부터 적용

14

감사합니다



충남의 라돈 현황 및 대응방향

2018.07.11.

충남연구원 명형남
ChungNam Institute

목차

☐라돈 이란☐

1. 라돈의 생성 과정
2. 주요발생원과 인체노출 주요경로
☐ 건강영향

☐충남의 라돈 현황

1. 자연적 분포☐지질학적☐현황
2. 지질학적 특성과 실내 라돈 농도 분포
☐ 실내 라돈 농도 현황
☐ 지하수 라돈 현황

☐충남의 라돈 관리 방향

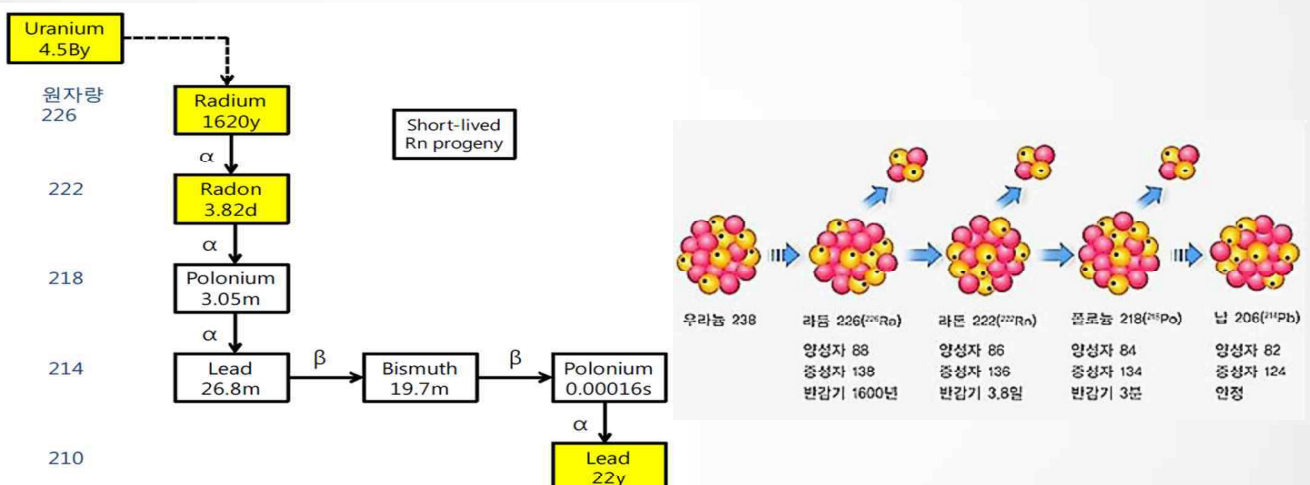
1. 라돈 노출을 줄이기 위한 노력들
2. 관리 방향☐☐

☒라돈이란☒

- 라돈의 생성과정
- 주요발생원과 인체노출 주요 경로
- 건강영향

3

1. 라돈의 생성과정



4

2. 주요발생원과 인체노출 주요경로

암석, 토양	■ 암석이나 토양에 존재하다가 지층의 틈을 통해서 지표로 방출되면서 틈을 통해 건물이나 주택에 들어감 ■ 실내에 존재하는 약 85%~97%는 암석이나 토양에서 방출된 가스가 유입
건축자재	■ 우라늄과 토륨의 방사선 붕괴에서 생성된 라듐(Rn)은 콘크리트, 석고보드, 석면슬레이트 등 건축자재에 존재 ■ 고농도의 라듐이 포함된 모래, 자갈로 만든 벽돌이나 콘크리트 등에서 방출될 수 있음
생활제품	■ 생활용품의 원료로 사용되는 천연방사능 물질로 인한 노출 ■ 속옷, 입욕제, 침대, 온열매트 기기, 목걸이, 팔찌 등
지하수	■ 자연적으로 발생한 우라늄과 라듐이 포함된 암석 주변으로 지하수가 흐르면서 녹아 들어감 ■ 라돈이 녹아있는 지하수를 식수로 할 경우 질환과의 유의미한 연관성이 증명되지 않음



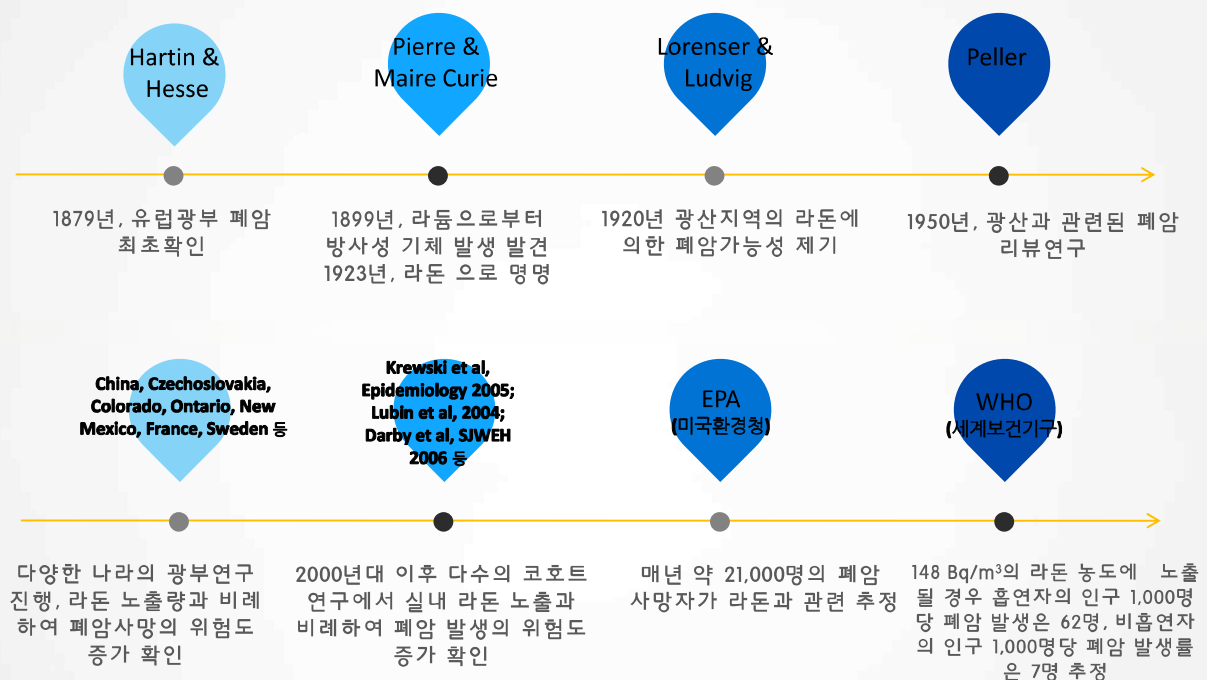
자료 : 환경부

[라돈의 인체노출 주요경로]

5

3. 건강영향(폐암)

● 라돈 노출 관련 주요 연구 결과



6

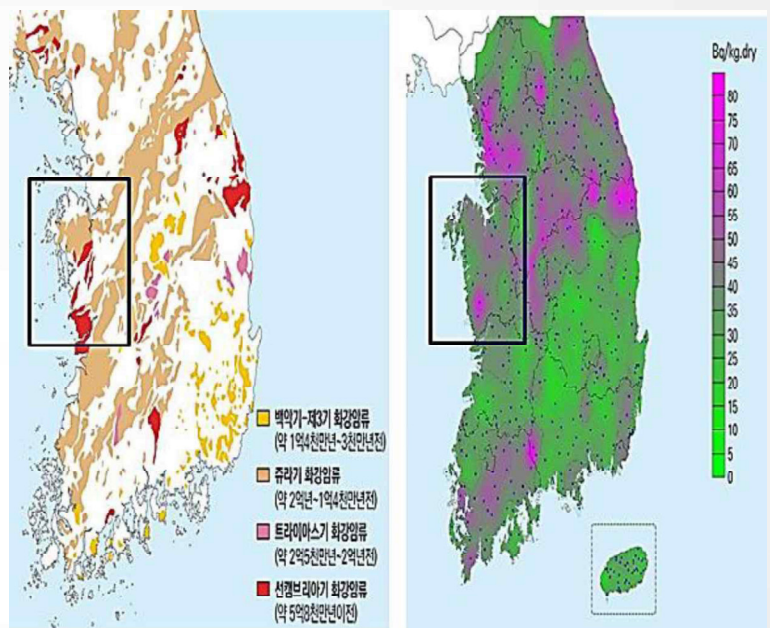
II. 충남의 라돈 현황

- 자연적 분포(지질학적) 현황
- 지질학적 특성과 실내 라돈 농도 분포
- 실내 라돈 농도 현황
- 지하수 라돈 현황

7

1. 자연적 분포(지질학적) 현황

- 우리나라의 화강암 지질대나 옥천단층지대에서 토양 중 라듐 함량 분포가 높았음
- 강원도, 전라북도, 충청북도에서 라듐 함량 분포가 높았음
- 충청남도는 쥐라기와 선캄브리아 화강암류가 분포하고 있어 라듐 함량 분포도가 비교적 높았음



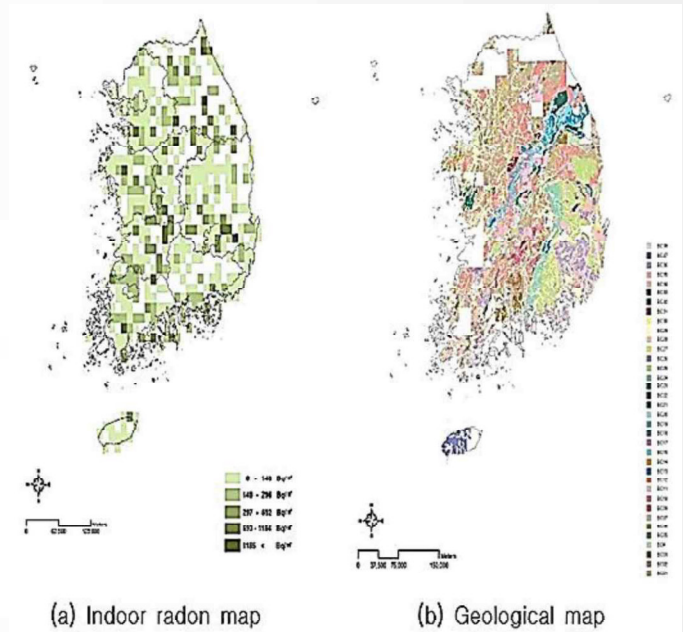
자료 : 한국원자력안전기술원, 2012

[지질연대별 화강암 분포(왼쪽), 토양 중 라듐 함량 분포도(오른쪽)]

8

2. 지질학적 특성과 실내 라돈 농도 분포

- 실내 라돈 농도와 지질도 자료는 광역 규모에서 유사한 분포 경향을 보였음
- 화강암과 편마암 등이 주로 분포하는 지역인 강원도, 전라북도, 충청북도, 충청남도 일부 지역에서 고농도의 실내 라돈 농도를 보임
- 광역규모는 유사한 분포 경향을 보였으나 국지적인 규모에서는 직접적인 상관성을 확인할 수 없음



자료 : 국립환경과학원, 2012

[실내 라돈 농도 수준과 지질도 자료의 비교]

9

3. 실내 라돈 농도 현황

● 환경부(국립환경과학원)의 전국 실내 라돈 조사 현황(2009년~2016년)

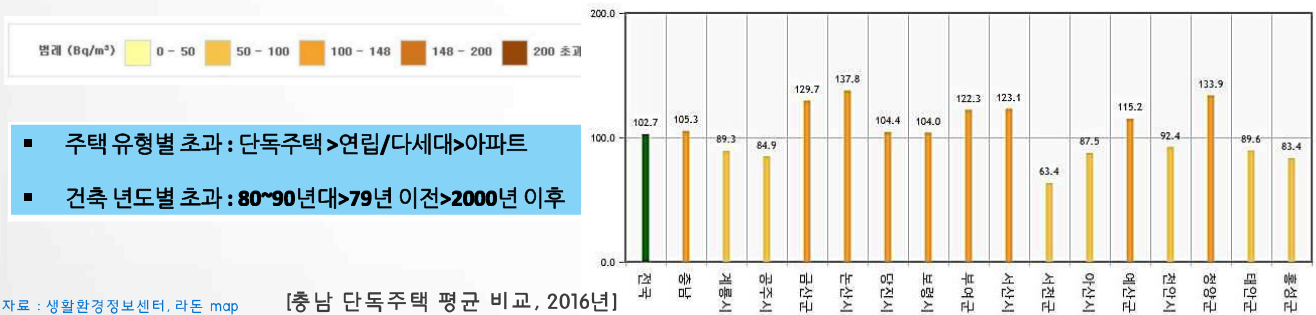
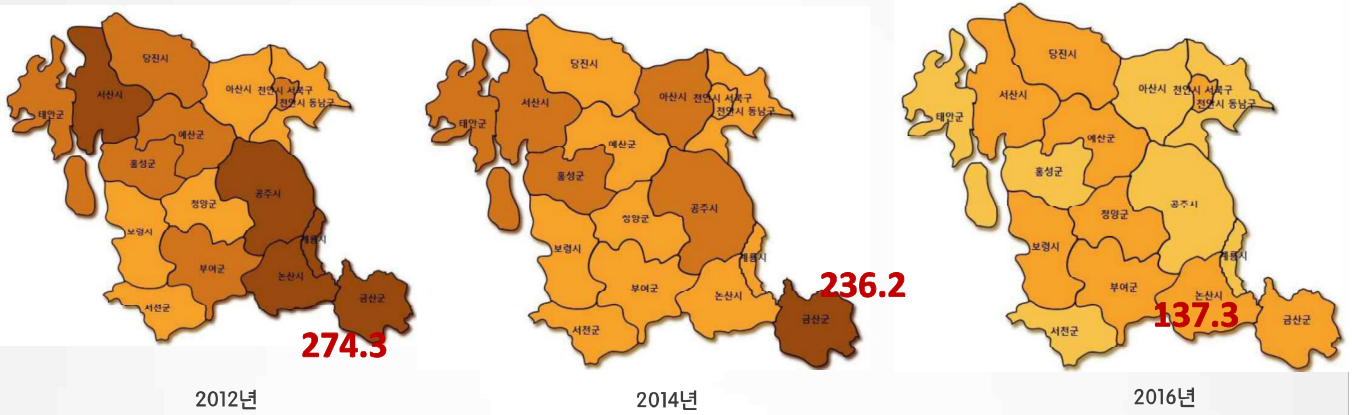
구분	대상	측정기간	범위	측정지점
2009년	봄	2009.04 ~ 2009.06	시도	1100개소
	여름	2008.06 ~ 2008.09	시도	1100개소
	가을	2008.09 ~ 2008.12	시도	1100개소
	겨울	2008.12 ~ 2009.04	시도	1100개소
2010년	봄	2010.04 ~ 2010.06	시도	330개소
	여름	2009.07 ~ 2009.09	시도	330개소
	가을	2009.09 ~ 2009.12	시도	330개소
	겨울	2009.12 ~ 2010.04	시도	330개소
2011년	봄	2011.03 ~ 2011.06	시도	737개소
	여름	2010.06 ~ 2010.09	시도	1,122개소
	가을	2010.09 ~ 2010.12	시도	954개소
	겨울	2010.12 ~ 2011.03	시도	833개소
2012년	겨울	2011.12 ~ 2012.05	시도/시군구	7,885개소
2014년	겨울	2013.11 ~ 2014.04	시도/시군구	6,648개소
2016년	겨울	2015.11 ~ 2016.04	시도/시군구	7,940개소
주택전체		2012, 2014, 2016	시도/시군구	22,473개소

자료 : 국립환경과학원, 2018

10

3. 실내 라돈 농도 현황

● 단독주택 라돈 농도 (충남, Bq/m³)

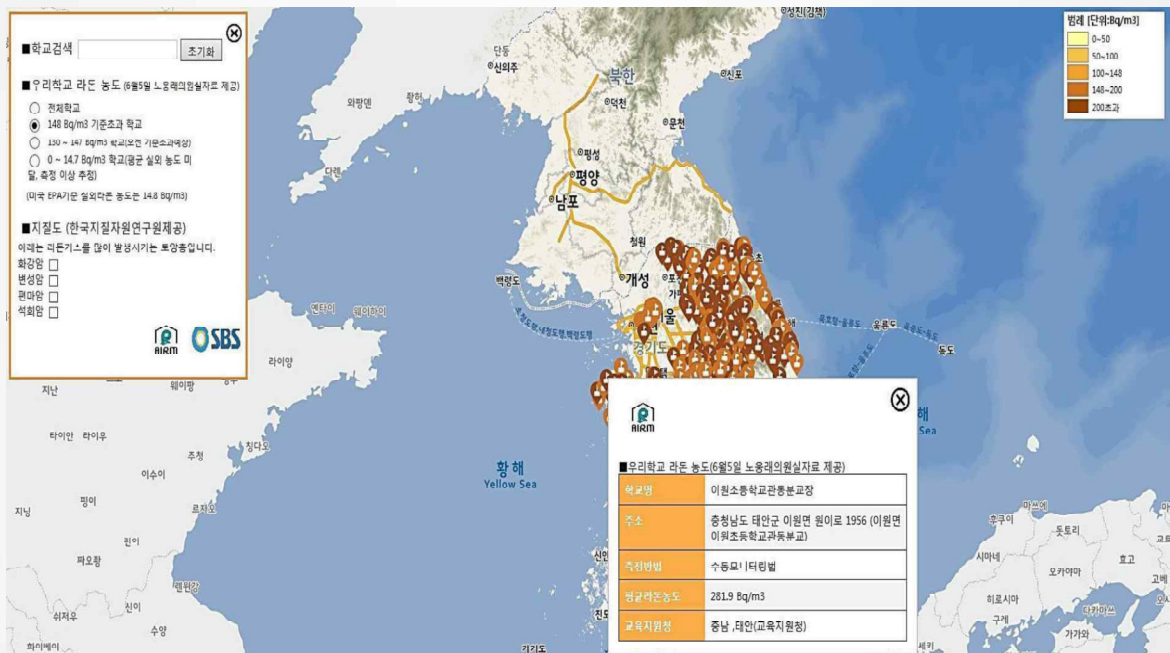


자료 : 생활환경정보센터, 라돈 map

[충남 단독주택 평균 비교, 2016년]

3. 실내 라돈 농도 현황

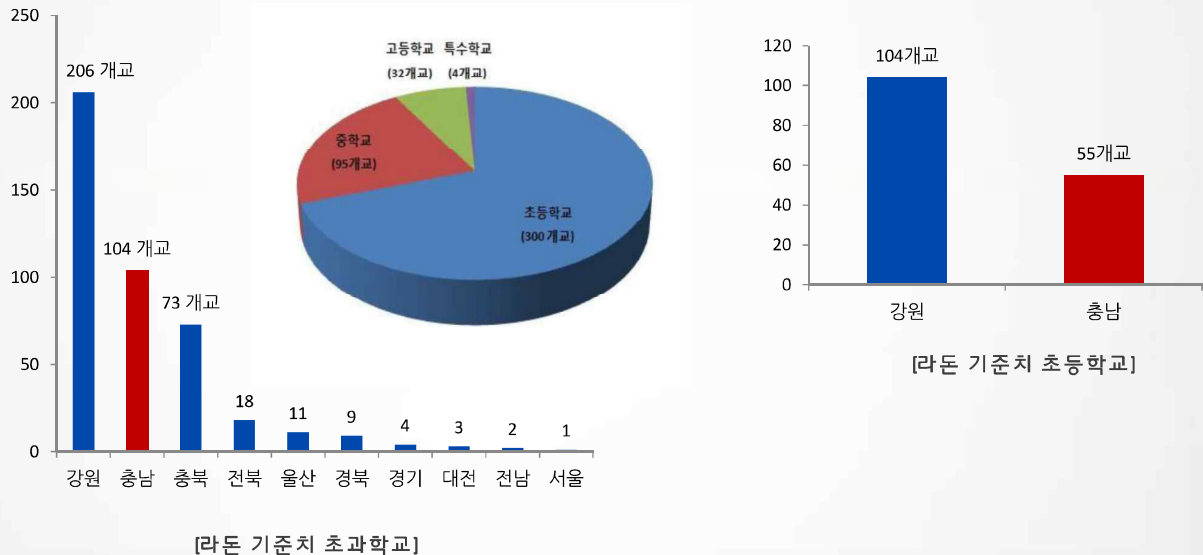
● 전국 학교 라돈지도, 2018년



3. 실내 라돈 농도 현황

● 교육부의 전국 학교(초·중·고)의 교사 내 공기 중 라돈 실태조사 결과

- 실내 라돈 기준 148 Bq/m^3 을 초과한 학교 전국 12,072 개 중 431개교 (2018년 6월 기준)
- 강원 206개교, 충남 104개교, 충북 73개교
- 초등학교가 300개교로 가장 많음



자료 : 노웅래 국회의원실 자료 재구성

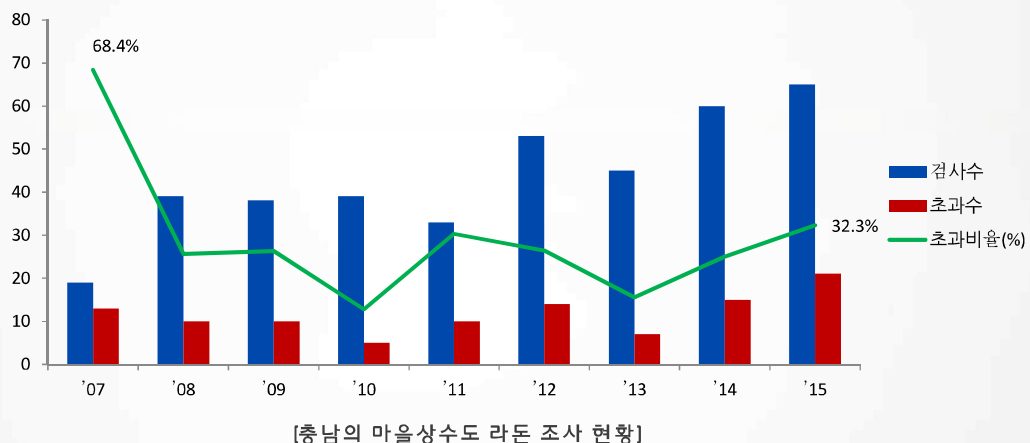
15

3. 지하수 라돈 현황

● 마을상수도 수질검사 결과

- 환경부는 2007년부터 지하수 중 자연방사성물질 함유실태조사 실시
- 시군별로 화강암지역 마을상수도를 중심으로 실시
- 지하수를 상수 원수로 사용하는 마을상수도과 소규모급수시설정수

(라돈 4,000pCi/L 검출시 재검사후 대책수립)



자료 : 국립환경과학원 자료 재구성

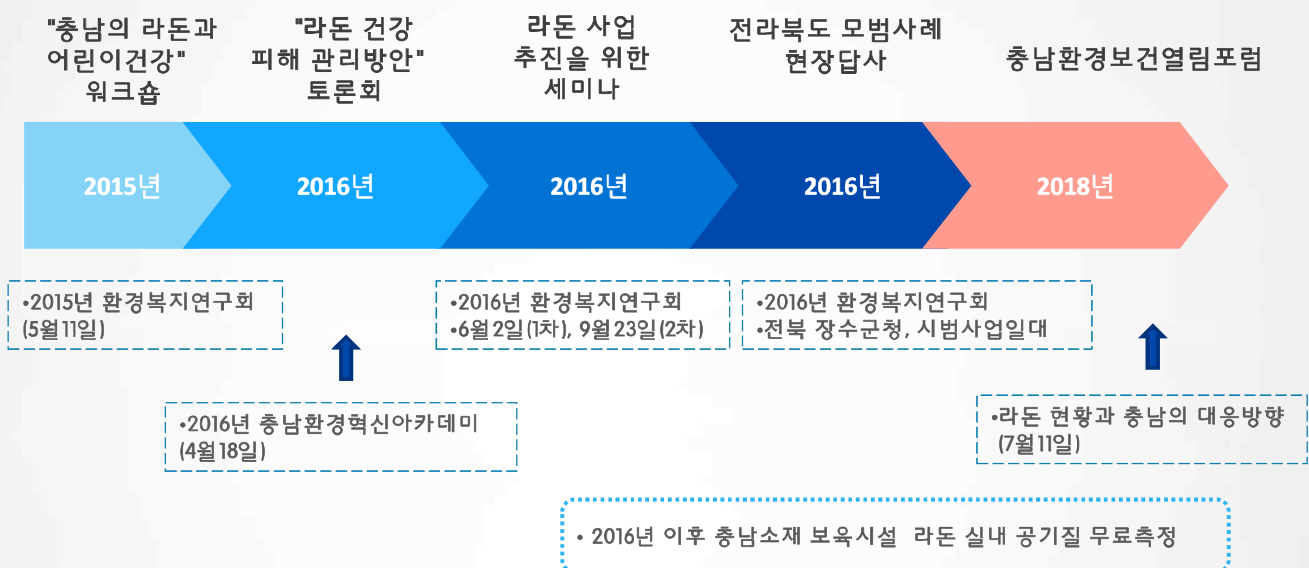
16

Ⅲ. 충남의 라돈 관리방향

- 라돈 노출을 줄이기 위한 노력들
- 관리 방향(안)

17

1. 라돈 노출을 줄이기 위한 노력들



18

2. 관리 방향(안)

추진목표

16년 : 102.6 Bq/m³ → 22년 : 82.0 Bq/m³ (20%저감)

라돈 취약지역 · 취약계층 안전관리, 도민건강보호 → 환경복지 구현

추진전략 및 중점과제

1. 라돈 노출실태를 과학적으로 평가

2. 라돈 고농도 농어촌 지역 집중관리

3. 라돈 안전관리 기반 구축

1. 어르신 다중이용시설 실내 라돈 노출 실태 파악

2. 영유아, 어린이 이용시설 실내 라돈 노출 실태 파악

3. 지하수 라돈 농도 실태 파악

4. 고농도 농어촌 지역의 노후 주택 정밀조사

5. 저감 컨설팅 및 저감시공 사업

6. 고농도 검출 지하수 라돈 관리

7. 충남의 실내 라돈과 폐암 연구

8. 라돈 인식 개선 등 홍보교육

2. 관리 방향(안)

추진전략 1

라돈 노출 실태를
과학적으로 평가

시군	농도(Bq/m ³) ⁹
논산시	137.8
청양군	133.9
금산군	129.7
서산시	123.1
부여군	122.3
예산군	115.2
당진시	104.4
보령시	104.0
천안시 서북구	101.1
태안군	89.6
계룡시	89.3
아산시	87.5
천안시 동남구	85.0
공주시	84.9
홍성군	83.4
서천군	63.4

고농도 기준(예시)

1. 어르신 다중이용시설 실내 라돈 노출 실태 파악

- 환경부 전국 라돈 지도를 바탕으로 충남 고농도 시군 선별
- 사업대상 : 고농도 지역 소재 마을회관 등
- 조사지역 : 고농도 기준 선정에 따른 읍면동/통리 단위 지역 우선 추출
- 조사내용
 - ✓ 고농도 지역의 실내 라돈 무료측정 및 결과 배포
 - ✓ 라돈 저감 방안 교육홍보

2. 영유아, 어린이 이용시설 실내 라돈 노출 실태 파악

- 사업대상 : 법정 규모 미만 어린이집(430 m²)
- 조사지역 : 고농도 시군을 우선 측정하고 점차적 확대
- 조사내용
 - ✓ 실내 라돈 공기질 무료측정 및 결과 배포
 - ✓ 라돈 저감 방안 교육홍보

2. 관리 방향(안)

추진전략 1

라돈 노출 실태를
과학적으로 평가

3. 지하수 라돈 농도 실태 파악

- 환경부 지하수 중 자연방사성물질 함유실태조사와 연계
- 사업대상 : 마을상수도과 소규모급수 정수시설
- 사업내용
 - ✓ 4,000pCi/L 검출시 재검사
 - ✓ 검사결과에 따른 대책 수립
 - ✓ 상수도 보급 및 저감설비 설치(2017년~2019년)

21

2. 관리 방향(안)

추진전략 2

라돈 고농도 농어촌
지역 집중관리

4. 고농도 농어촌 지역의 노후 주택 정밀조사

- 환경부 전국 라돈 지도를 바탕으로 충남 고농도 시군 선별
- 사업대상 : 고농도 농어촌 지역 소재 노후 주택
- 조사지역 : 고농도 기준 선정에 따른 읍면동/통리 단위 지역 우선 추출
- 조사내용
 - ✓ 실내 라돈 농도 측정, 토양 농도 측정 등

5. 저감 컨설팅 및 저감시공 사업

- 사업대상 : 고농도 농어촌 지역의 주택, 마을회관 등
- 사업내용
 - ✓ 컨설팅, 저감시공, 알람기 부착 등
 - ✓ 라돈 저감 방안 교육홍보

22

2. 관리 방향(안)

추진전략 2

라돈 고농도 동어촌
지역 집중관리

6. 고농도 검출 지하수 라돈 관리

- 환경부 먹는물 자연방사성물질 저감대책과 연계
- 사업대상 : 라돈 4,000pCi/L 초과 지하수
- 사업내용
 - ✓ 검출 함량별 단계별 조치

단계구분	조치요령
4,000~8,000 pCi/L	· 3일 이상 방치하거나 끓인 후, 적절히 환기하여 사용 권고
8,000~16,000 pCi/L	· 지하수 사용량이 적고 라돈 함량이 낮을 때는 일정 용량 이상의 저수조와 환기시설 설치 후 사용 · 지하수 사용량, 저수조 용량 및 라돈 함량 정도를 고려하여 폭기나 활성탄 시설 설치 · 가동 후 사용권고
16,000 pCi/L 이상	· 대체수원 개발 권고하고 불가능할 경우 저감시설 설치 · 가동 후 사용토록 권고 · 대체수원이 없고 저감시설이 확보되지 않을 경우는 지하수를 끓여서 음용하고 지하수 사용 시 적절히 환기하여 사용

23

2. 관리 방향(안)

추진전략 3

라돈 안전관리
기반 구축

7. 충남의 실내 라돈과 폐암 연구

- 연구대상 : 충청남도
- 연구내용
 - ✓ 충남 15개 시군 실내 라돈 농도 실측값을 통해 추정값 도출
 - ✓ 충남 15개 시군 폐암 표준화 발생비(전국과 비교) 등
 - ✓ 상관관계 분석 및 노출위험인자 파악
- 활용방안
 - ✓ 충남 특성의 노출 위험인자 파악으로 저감대책 수립 시 과학
적 근거자료 활용

8. 라돈 인식 개선 등 홍보교육

- 사업내용
 - ✓ 라돈 교육 프로그램 개발 및 운영
 - ✓ 환경교육센터, 공주 환경성건강센터 교육과정과 연계
 - ✓ 라돈 관리 매뉴얼 배포(환경부 제작)

24

[참고]

학교보건법

공기 질 등의 유지·관리기준(제3조제1항제3호의2 관련)

1. 유지기준

오염물질 항목	기준(이하)	적용 시설	비 고
가. 미세먼지	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	모든 교실	직경 2.5 μm 이하 먼지
	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	모든 교실	직경 10 μm 이하 먼지
나. 이산화탄소	1,000ppm	모든 교실	해당 교실이 기계 환기장치를 이용하여 주된 환기를 하는 경우 1,500ppm이하
다. 폼알데하이드	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	모든 교실	
라. 총부유세균	800CFU/ m^3	모든 교실	
마. 낙하세균	10CFU/실	보건실·식당	
바. 일산화탄소	10ppm	개별 난방 교실 및 도로변 교실	난방 교실은 직접 연소 방식의 난방 교실로 한정
사. 이산화질소	0.05ppm	개별 난방 교실 및 도로변 교실	난방 교실은 직접 연소 방식의 난방 교실로 한정
아. 라돈	148Bq/ m^3	1층 이하 교실	
자. 총휘발성유기화합물	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	건축한 때부터 3년이 경과되지 아니한 학교	건축에는 중축 및 개축 포함
차. 석면	0.01개/cc	「석면안전관리법」 제22조제1항 후단에 따른 석면건축물에 해당하는 학교	
카. 오존	0.06ppm	교무실 및 행정실	적용 시설 내에 오존을 발생시키는 사무기기(복사기 등)가 있는 경우로 한정
타. 진드기	100마리/ m^3	보건실	

25

[참고]

실내 공기질 관리법

- 실내 라돈조사의 실시
- 라돈 지도의 작성
- 라돈관리계획의 수립시행 등
- 라돈 저감공법의 사용 등 권고

실내공기질 관리법 (약칭: 실내공기질법)

[시행 2018. 10. 18.] [법률 제15583호, 2018. 4. 17., 일부개정]

환경부 (생활환경과) 044-201-6796



제11조의7(실내라돈조사의 실시) ① 환경부장관은 라돈(radon)의 실내 유입으로 인한 건강피해를 줄이기 위하여 실내 공기 중 라돈의 농도 등에 관한 조사(이하 "실내라돈조사"라 한다)를 실시할 수 있다.
 ② 환경부장관은 실내라돈조사를 실시하려는 경우에는 그 조사의 목적·대상·방법 및 기간 등 조사에 필요한 사항을 환경부령으로 정하는 바에 따라 공고하여야 한다.
 ③ 환경부장관은 특정 지역에 대하여 실내라돈조사가 필요한 경우에는 해당 지역을 관할하는 시·도지사에게 그 조사를 실시하게 할 수 있다.
 ④ 시·도지사는 제3항에 따라 실내라돈조사를 실시한 경우에는 그 결과를 환경부장관에게 보고하여야 한다.
 ⑤ 환경부장관은 시·도지사에게 제3항에 따른 실내라돈조사가 필요한 기술적·행정적·재정적 지원을 할 수 있다.

[본조신설 2015. 12. 22.]

[제11조의2에서 이동 <2018. 4. 17.>]

제11조의8(라돈지도의 작성) ① 환경부장관은 실내라돈조사의 실시 결과를 기초로 실내 공기 중 라돈의 농도 등을 나타내는 지도(이하 "라돈지도"라 한다)를 작성할 수 있다.
 ② 라돈지도의 작성기준, 작성방법 및 제공 등에 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.
 [본조신설 2015. 12. 22.]
 [제11조의3에서 이동 <2018. 4. 17.>]

제11조의9(라돈관리계획의 수립·시행 등) ① 환경부장관은 실내라돈조사의 실시 및 라돈지도의 작성 결과를 기초로 라돈으로 인한 건강피해가 우려되는 시·도가 있는 경우 「환경보전법」 제9조에 따른 환경보전위원회의 심의를 거쳐 해당 시·도지사에게 5년마다 라돈관리계획(이하 "관리계획"이라 한다)을 수립하여 시행하도록 요청할 수 있다. 이 경우 시·도지사는 특별한 사유가 없으면 지역주민들의 의견을 들어 관리계획을 수립하여야 한다.
 ② 관리계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
 1. 다중이용시설 및 공동주택 등의 현황
 2. 라돈으로 인한 실내공기오염 및 건강피해 예방 대책
 3. 라돈의 실내 유입 차단을 위한 시설 개량에 관한 사항
 4. 그 밖에 라돈관리를 위하여 시·도지사가 필요하다고 인정하는 사항
 ③ 시·도지사는 관리계획을 수립한 경우 그 내용 및 연차별 추진실적을 대통령령으로 정하는 바에 따라 환경부장관에게 보고하여야 한다.
 ④ 환경부장관은 시·도지사에게 관리계획의 시행에 필요한 기술적·행정적·재정적 지원을 할 수 있다.
 [본조신설 2015. 12. 22.]
 [제11조의4에서 이동 <2018. 4. 17.>]

제11조의10(라돈저감공법의 사용 등 권고) ① 시·도지사는 해당 시·도 내에서 라돈으로 인하여 건강상 위험이 우려되는 지역이 있는 경우에는 그 지역에서 다중이용시설 또는 공동주택 등을 설치(기존 시설 또는 주택 등의 개수 및 보수를 포함한다)하는 자에게 라돈의 실내 유입을 줄이기 위한 공법을 사용하는 등의 필요한 조치를 하도록 권고할 수 있다.
 ② 시·도지사는 해당 시·도 내 라돈 농도가 높은 다중이용시설 또는 공동주택 등의 소유주에게 실내 라돈 농도를 환경부령으로 정하는 기준에 맞게 관리하도록 권고할 수 있다.

26



감사합니다

27

실내라돈 개인기반 노출 평가 및 통합 위해관리 기술 개발

Development of Individual-based Exposure Assessment and Integrated Risk Management Technology for Indoor Radon

실내라돈 인체위해성 평가 연구사례 발표

2018년 7월 11일

강 대 용 (연세대학교 원주의과대학)

K-iREES 참여연구원

노출평가 수학-통계 모델링

- ✓ 코호트 기반의 역학/임상/생체 정보 수집, 관리하는 DBMS 구축
- ✓ 실내라돈 농도 추정 수학적 모델링
- ✓ 노출시나리오 및 생애 누적 라돈노출 모형 구축
- ✓ 역학연구 기반 폐암 발생 통계 분석 및 모델링

원주의대 유전체코호트연구소 강대용 교수
아주대 수학과 박지현 박사
원주의대 유전체코호트연구소 최정란 박사
원주의대 생의학데이터과학센터 김진아 박사
원주의대 생의학데이터과학센터 김혜심 박사
원주의대 생의학데이터과학센터 박미선 연구원
원주의대 생의학데이터과학센터 곽경임 연구원

지역사회기반 역학연구

- ✓ 기구축된 CMERC(서울), KoGES(안성), KoGES(원주-평창), Namgaram(경남) 코호트를 이용하여 설문조사-라돈측정

연세 원주의대 예방의학 고상백 교수
아주대 예방의학 조남한 교수
경상대 예방의학 박기수 교수
연세의대 예방의학 김현창 교수
연세 원주의대 직업환경의학 오성수 교수
원주의대 생의학데이터과학센터 박웅주 연구원
원주의대 생의학데이터과학센터 고태화 연구원
원주의대 생의학데이터과학센터 윤태웅 연구원
원주의대 생의학데이터과학센터 이준혁 연구원

라돈 측정 및 통합 위해관리

- ✓ 해당 지역 실내라돈 측정 (장기 90일 이상)
- ✓ 통합 위해 관리 가이드라인 개발

서경대 화학생명공학과 이철민 교수
서경대 화학생명공학과 박태현 연구원
EHS 기술연구소 이동현 박사
EHS 기술연구소 임수길 소장
EHS 기술연구소 박현주 과장

병원기반 역학연구

- ✓ 지역사회기반 코호트와 동일 지역에 위치한 각 병원에서 환자군을 선정하여 비용효율적인 폐암 환자-대조군 연구 진행
- ✓ 바이오마커 환자-대조군 연구 진행

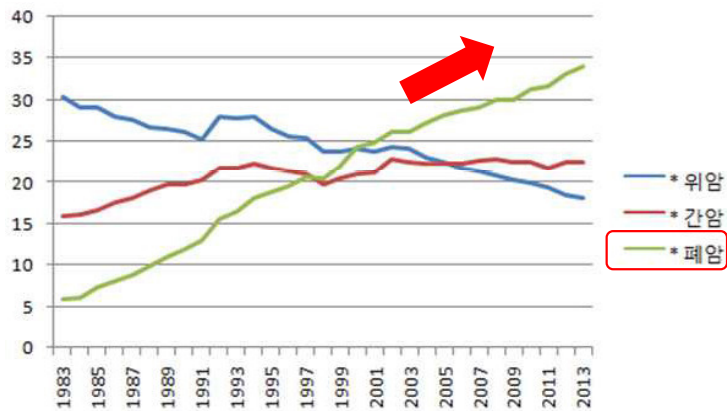
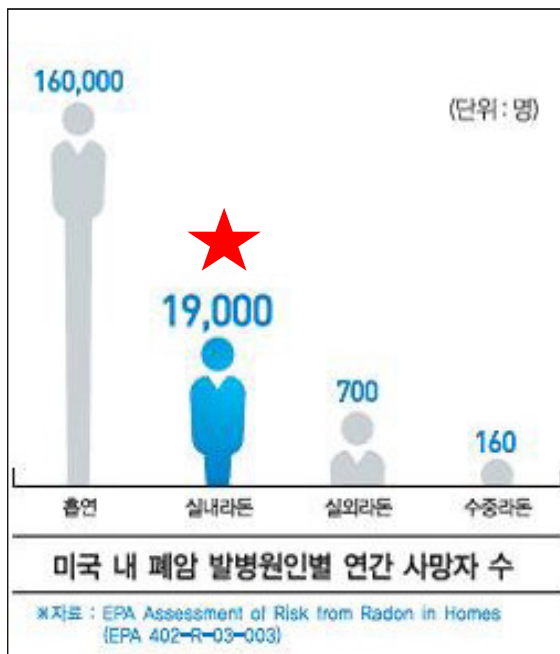
아주의대 호흡기내과 신승수 교수
연세의대 중양내과 김혜련 교수
연세의대 호흡기내과 김은영 교수
원주의대 호흡기내과 용석중 교수
원주의대 호흡기내과 이명규 교수
원주의대 직업환경의학 강희태 교수
경상대병원 호흡기내과 김호철 교수
서울아산병원 호흡기내과 최창민 교수
서울성모병원 중양내과 강진형 교수
양산부산대병원 호흡기내과 김윤성 교수
아주대병원 폐센터 강지성 연구원
원주의대 생의학데이터과학센터 유민희 연구원

환경성 질병부담 산출

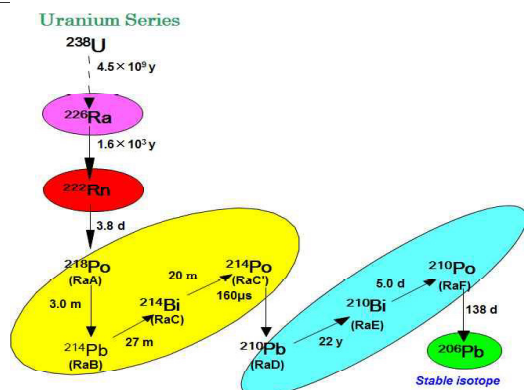
- ✓ 역학적, 미시-거시 경제적 방법론에 의한 질병부담 산출
- ✓ 사회경제적 충격에 의한 기회비용 추산을 통한 위해도 소통 시행 및 정책 제시

국립암센터 서민아 박사
건강보험심사평가원 최윤정 박사
연세의대 예방의학 노주환 연구원
연세의대 예방의학 이은주 연구원

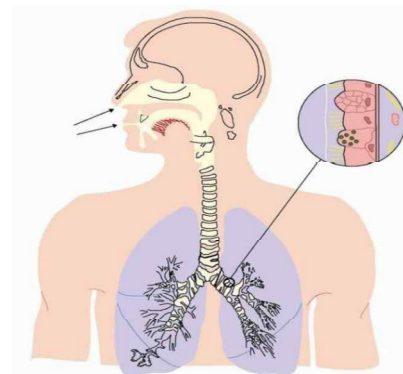
Radon(²²²Rn) 폐암 유발 1급 발암 물질



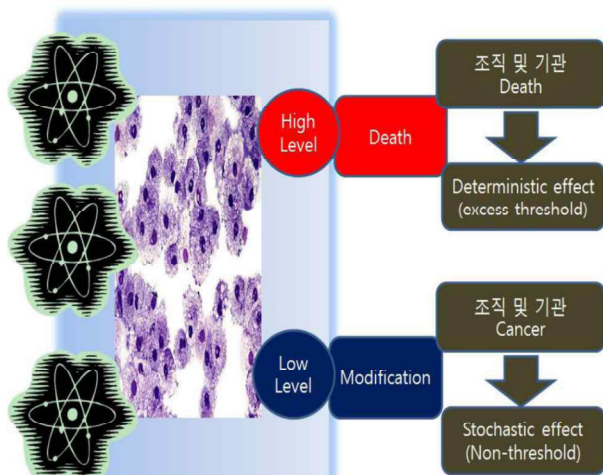
- WHO는 전세계 폐암 발생의 3-14%가 라돈에 의한 것이며 라돈을 흡연에 이은 폐암 발생의 주요 원인 물질
- 호흡을 통하여 인체에 흡입된 라돈과 라돈자손 (폴로늄 Po, 비스무스 Bi, 납 Lead)은 붕괴를 일으켜 알파선을 방출하여 폐조직을 파괴



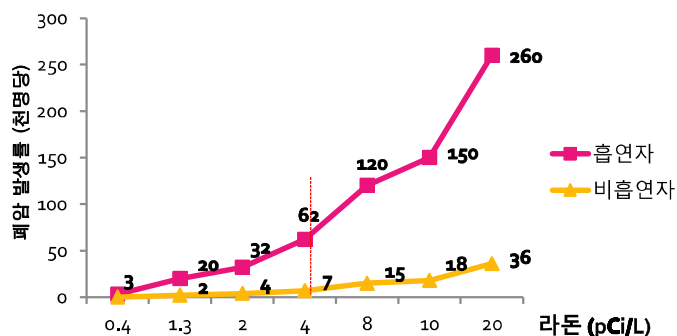
우라늄계열의 붕괴 계열 모형도



라돈 자핵종의 폐에 대한 알파방사능 피폭 모형



방사선의 건강손상 매카니즘



라돈 노출에 따른 폐암 발생률 (EPA 2009, Assessment of Risk from Radon in Homes)

I 라돈의 인체영향 연구 결과 : 유효선량(mSv / y) 산출

Organ / Tissue	Exposure to air containing radon at 200 Bq m ⁻³ with radon decay products (F=0.41)			Ingestion of water containing 1000 Bq L ⁻¹ of radon with decay products	
	Decay products Type Fast	Decay products Type Moderate	Radon gas	Decay products	Radon gas
Lung	35.8	159	1.2	0.01	1.26
Extra Thoracic airways (nose, mouth, throat)	44.5	70.9	0.42	0.02	0.04
Stomach	0.19	0.08	0.06	1.15	50.4
Red bone marrow	0.28	0.03	0.65	0.03	0.66
Kidney	5.20	0.54	0.05	0.25	0.05
Effective dose	5.30	19.7	0.28	0.17	6.00
Skin	25	25	-	-	-

Source : Kendall & Smith(2002), ICRP(1998), Khurshheed(2000), Eatough & Henshaw(1992), BEIR VI Committee(1999), Health Protection Agency(2009)

Inhalation	The largest risk is lung cancer . Inhaled radon decay products can enter the bloodstream . Radon has a relatively high solubility in fat , it gives significant radiation doses to tissues with a high content, including red bone marrow .
Ingestion	Ingested radon gas is retained in the stomach rather than being immediately lost. Another way in which people receive radiation doses from radon is as a result of the deposition of decay products on the skin .

I 연구 동향(국내) : 주택 실내라돈 농도 AOEM (2016) 28:15

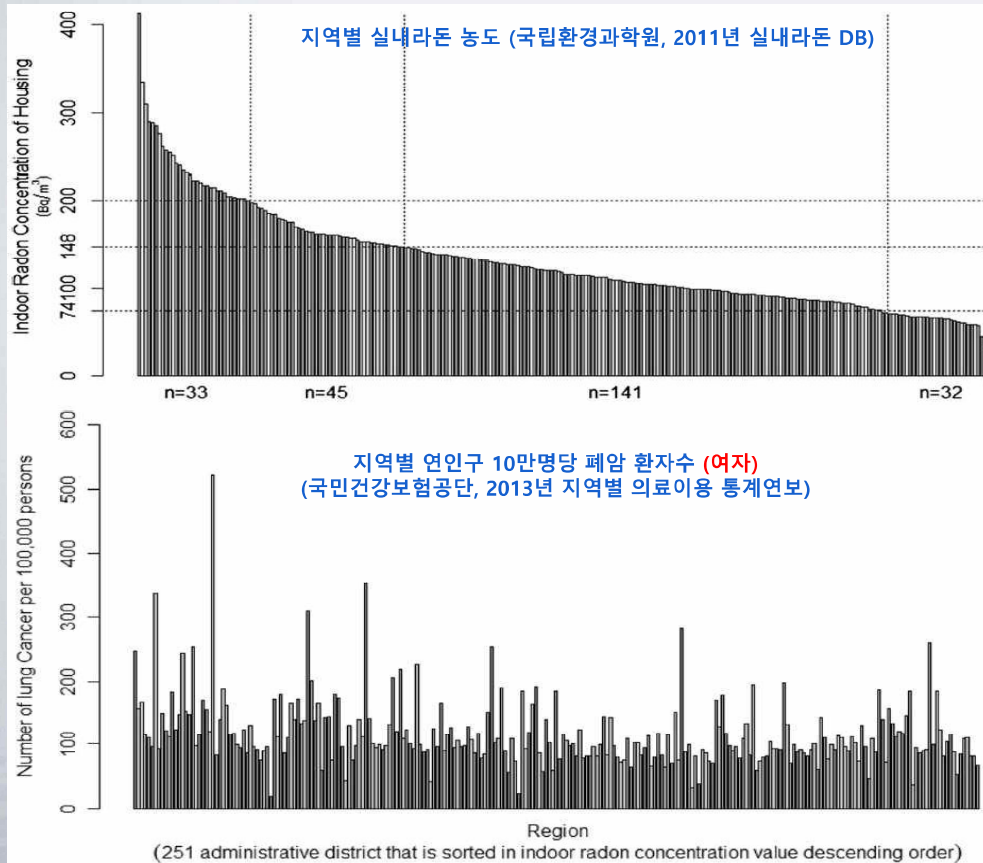
Table 2 Summary of indoor radon concentrations in homes throughout Korea

no	Institution ^(m)	Period	Area	No. of dwellings	²²² Rn (Bq/m ³)			
					AM(SD)	GM(SD)	Median (Min, Max)	Excessive rate (ER) ^a (%)
1	KINS [25]	1988 (winter)	7 cities ^c	530	99.9(-)	-	88.8(-)	16.0
2	KAERI [26]	1990.4-1990.10	Nationwide	340	59.57(-)	-	48.90 (-)	-
3	NIH [27-29]	1993	Nationwide	34	27.75(4.07)	-	-(8.14, 99.9)	-
4								
5		1994.9-12	Seoul	410	18.9(10.7)	-	19.70 (9.3, 30.7)	-
6		1995.9-12	Northern area of Gyeonggi	197	34.6(4.1)	-	-(18.5, 54.0)	-
7	KFDA [30, 31]	1996.9-11	Southern area of Gyeonggi	384	29.4(19.4)	-	-(7.4, 132.8)	-
8		1997.8-11	Incheon, Daejeon, Chungnam, Chungbuk	590	Incheon: 8.0(10.9) Daejeon: 25.0(12.6) Chungnam: 32.1(21.5) Chungbuk: 20.0(20.3)	-	Incheon: (2.7, 89.7) Daejeon: (5.7, 82.2) Chungnam: (4.9, 145.7) Chungbuk: (2.7, 131.6)	-
9	KINS [67]	1999.12-2000.11	Nationwide	2,190	53.4(57.5)	43.3(1.8)	39.8 (13.6, 1,350)	1.7 (200 ^b)
10	KINS [33]	2002-2004	Nationwide	450	40.4(56.0)	10.7(2.9)	25.4 (-, 731)	-
11	NIER [34]	2011.12-2012.5	Nationwide	7,885	124.9(144.7)	91.2(2.1)	85.7 (7.0, 2,821.3)	22.2
12	NIER [35]	2013.11-2014.4	Nationwide	6,648	102.0(114.2)	74.9(2.0)	68.0 (9.8, 1,936.6)	16.3
			12 highest radon level A area	1,737	155.0(167.8)	107.4(1.1)	99.3 (7.4, 1,956.5)	32.1
13	CRIPHE [32]	2013.11-2014.3	Chungnam 5 province	114	92.5(-)	-	-(9.6, 640.4)	15.8

^aER is 148 Bq/m³ of the US Environmental Protection Agency's (USEPA) recommended action level; ^b200 Bq/m³ of the recommended value in International Commission on Radiological Protection (ICRP) 65; ^cseven cities include Seoul, Chuncheon, Daejeon, Daegu, Gwangju, Pusan, and Jeju.
AM arithmetic mean, SD standard deviation, GM geometric mean, Min minimum, Max maximum, KINS Korea institute of nuclear safety, KAERI Korea atomic energy research institute, NIH national institute of health, KFDA Korea food and drug safety, NIER national institute of environmental research, CRIPHE Chungnam research institute public health and environment.

우리나라 **지역별** 라돈 농도 및 폐암 환자수 분포

AOEM (2016) 28:15



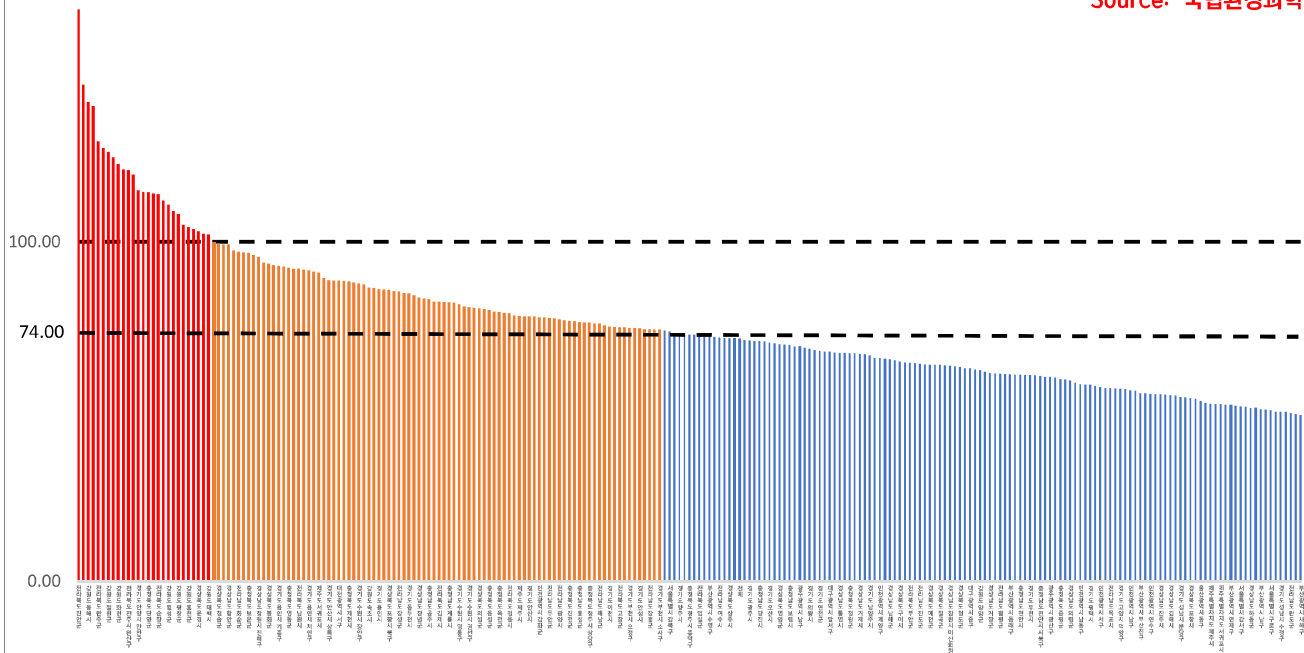
로그정규 분포

- ✓ 개인의 특성
 - ✓ 생활패턴
 - ✓ 이사 지역/횟수
 - ✓ 주거/직장 환경
- "개인 맞춤형"

생태학적 연구, GIS 접근 한계 !!

2011~2012, 2013~2014, 2015~2016, 2만가구, 연평균 주택실내라돈 Bq/m³ (← 계절보정)

Source: 국립환경과학원

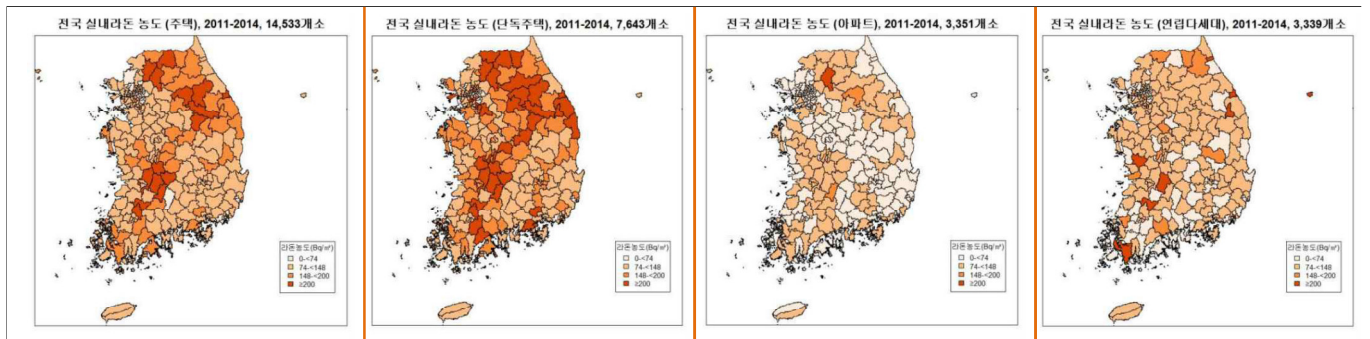


- ✓ 로그정규 분포
- ✓ 개인의 특성
- ✓ 생활패턴
- ✓ 이사 지역/횟수
- ✓ 주거/직장 환경

"개인 맞춤형"

생태학적 연구, GIS 접근 한계 !!

지역	라돈	지역	라돈	지역	라돈	지역	라돈	지역	라돈
전라북도 진안군	168.45	경기도 안산시 상록구	88.64	충청남도 홍성군	76.15	대구광역시 달서구	67.65	인천광역시 남동구	58.04
전라북도 장수군	146.33	경기도 안산시 단성구	88.57	경기도 군포시	76.13	충청남도 서천군	67.44	경기도 의정부시	58.00
강원도 동해시	141.23	대전광역시 서구	86.51	충청북도 청주시 상당구	76.06	충청남도 통영시	67.29	경기도 평택시	57.94
강원도 영월군	139.99	인천광역시 옹진군	88.48	전라북도 군산시	75.78	세종특별자치시	67.27	서울특별시 동작구	57.55
전라북도 완주군	129.58	충청북도 제천시	88.73	전라남도 해남군	75.78	충청북도 청원군	67.19	인천광역시 서구	57.24
경기도 가평군	127.62	경기도 과천시	87.88	경상북도 포항시 남구	75.31	경기도 시흥시	67.16	부산광역시 사상구	56.93
강원도 철원군	126.42	경기도 수원시 장안구	87.73	경기도 이천시	74.89	경상남도 거제시	66.97	전라남도 목포시	56.91
강원도 삼척시	124.90	충청북도 충주시	87.50	대구광역시 수성구	74.79	인천광역시 부평구	66.91	광주광역시 북구	56.83
강원도 화천군	122.89	충청북도 속초시	86.43	전라북도 고창군	74.74	경기도 남양주시	66.52	경기도 고양시 덕양구	56.81
강원도 양구군	121.39	서울특별시 성북구	86.27	전라남도 고령군	74.73	경상북도 고령군	65.84	부산광역시 해운대구	56.64
전라북도 전주시 완산구	121.19	경기도 용인시	85.92	경기도 부천시 오정구	74.61	인천광역시 계양구	65.79	인천광역시 남구	56.23
경상북도 울릉군	119.89	대전광역시 동구	85.86	강원도 강릉시	74.53	경기도 화성시	65.59	서울특별시 금천구	56.08
경기도 안양시 만안구	115.16	경상북도 포항시 북구	85.76	경기도 안성시	74.38	경상남도 남해군	65.39	부산광역시 부산진구	55.48
경기도 포천시	114.69	충청북도 괴산군	85.42	대구광역시 동구	74.11	경기도 부천시 원미구	65.17	충청북도 청주시	55.45
충청북도 단양군	114.66	전라남도 장흥군	85.31	전라남도 장흥군	74.09	경상북도 구미시	64.73	인천광역시 연수구	55.26
강원도 원주시	114.22	경기도 수원시 팔달구	84.77	서울특별시 은평구	74.07	경기도 안산시 단원구	64.50	울산광역시 남구	55.21
전라북도 순창군	114.07	경기도 동두천시	84.71	경기도 부천시 소사구	74.03	전라북도 부안군	64.41	경상남도 진주시	55.13
전라북도 무주군	112.07	충청남도 서산시	84.15	경기도 수원시	73.93	대구광역시 서구	64.26	경기도 김포시	55.08
강원도 횡성군	110.93	경상남도 청령군	83.52	서울특별시 강북구	73.62	전라남도 진도군	64.17	경상남도 김해시	54.98
경상북도 울진군	109.08	충청남도 예산군	83.18	경기도 안양시	73.00	충청남도 아산시	63.97	서울특별시 양천구	54.72
강원도 평창군	108.12	충청남도 공주시	83.06	경기도 양주시	72.86	경상북도 예천군	63.86	경기도 성남시 분당구	54.29
경기도 여주군	104.93	전라북도 익산시	82.32	광주광역시 서구	72.83	충청남도 천안시 동남구	63.85	울산광역시 울주군	54.22
강원도 춘천군	104.33	충청북도 김제시	82.22	충청북도 청주시 흥덕구	72.66	경상북도 칠곡군	63.75	경상북도 포항시	53.96
강원도 춘천시	103.72	충청남도 연기군	82.13	전라남도 강진군	72.63	전라남도 구례군	63.66	경기도 파주시	53.87
경상북도 문경시	103.07	충청남도 계룡시	82.11	전라북도 임실군	72.54	경상남도 창원시 마산회원구	63.50	울산광역시 동구	53.18
서울특별시 종로구	102.29	경기도 양주시	82.06	경기도 안성시 동안구	72.09	울산광역시 북구	63.36	서울특별시 광진구	52.56
강원도 태백시	102.13	경기도 수원시 영통구	81.45	부산광역시 수영구	72.05	경상북도 청도군	63.11	제주특별자치도 제주시	52.25
충청남도 금산군	99.94	경기도 여주시	80.81	경상북도 영덕군	71.97	경상남도 성주군	62.79	서울특별시 중랑구	52.20
경상북도 청송군	99.48	경기도 수원시 권선구	80.62	전라남도 여수시	71.86	대구광역시 중구	62.76	제주특별자치도 서귀포시	52.19
강원도 경천군	99.17	인천광역시 중구	80.53	대구광역시 남구	71.72	경상남도 창원시	62.41	부산광역시 북구	52.05
경상남도 함안군	99.13	경상북도 의성군	80.27	경상북도 상주시	71.68	강원도 양양군	62.20	부산광역시 연제구	51.95
충청남도 논산시	97.37	경기도 양평군	80.09	경상북도 경산시	71.49	서울특별시 도봉구	61.69	부산광역시 기장군	51.79
전라남도 화순군	97.03	충청북도 음성군	79.79	전체	71.43	경상남도 거창군	61.34	서울특별시 강서구	51.59
경상남도 고성군	96.90	충청남도 청양군	79.31	경상남도 양산시	71.12	경상남도 밀양시	61.33	전라남도 신안군	51.48
충청북도 보은군	96.81	충청북도 옥천군	79.24	경기도 광주시	70.94	전라남도 함평군	61.18	경상남도 하동군	51.04
서울특별시 서대문구	96.13	전라남도 곡성군	78.99	경상남도 영천시	70.71	강원도 고성군	61.06	경상남도 함창군	50.98
경상남도 창원시 진해구	95.53	전라북도 정읍시	78.81	충청남도 당진시	70.70	부산광역시 동래구	60.99	부산광역시 남구	50.68
충청남도 부여군	93.80	충청북도 태안군	78.22	경상북도 군위군	70.72	경기도 고양시 일산서구	60.92	서울특별시 마포구	50.63
경상북도 봉화군	93.52	세종도 체주시	78.06	경기도 오산시	70.34	충청남도 천안시	60.90	서울특별시 구로구	50.42
전라남도 담양군	93.14	대전광역시 대덕구	77.86	광주광역시 동구	70.13	대구광역시 북구	60.82	경상북도 김천시	50.00
경기도 용인시 기흥구	92.89	경상북도 안산시	77.83	경상북도 영양군	69.86	경기도 부천시	60.80	경기도 성남시 수정구	49.98
대전광역시 중구	92.72	서울특별시 중구	77.83	경기도 용인시 수지구	69.78	서울특별시 성동구	60.68	경상북도 안동시	49.97
충청북도 영동군	92.24	인천광역시 강화군	77.66	충청남도 보령시	69.66	충청남도 천안시 서북구	60.48	전라남도 완도군	49.63
대전광역시 유성구	92.08	전라남도 영암군	77.58	전라남도 영광군	69.23	서울특별시 관악구	60.29	경상남도 산청군	49.28
전라북도 남원시	91.82	전라남도 무안군	77.46	광주광역시 남구	69.19	광주광역시 광산구	60.18	부산광역시 사하구	49.03
전라북도 전주시 덕진구	91.88	대구광역시 달성군	77.38	대구광역시 달성군	68.83	서울특별시 동대문구	59.98	인천광역시 동구	48.86
경기도 용인시 처인구	91.57	전라남도 광양시	77.11	경기도 의왕시	68.46	충청북도 증평군	59.55	부산광역시 영도구	48.46
전라남도 보성군	91.22	전라남도 나주시	76.78	경상북도 경주시	68.19	서울특별시 노원구	59.48	경상남도 함양군	48.40
제주도 서귀포시	90.93	충청북도 진천군	76.64	경기도 연천군	67.88	경상남도 의령군	59.16	경상남도 창원시 의창구	47.95
경상북도 영주시	89.34	전라북도 진주시	76.49	경기도 광명시	67.72	서울특별시 중랑구	58.59	경기도 고양시 일산동구	47.76

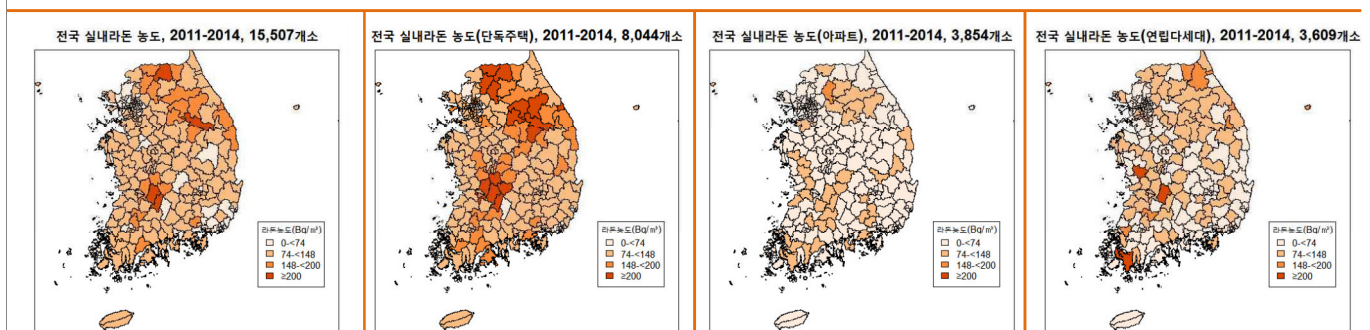


계절보정을 통한 연간평균 라돈 농도 산출 모형

$$M^{12} = 7 + \left[1.4 \times (M_{\text{spring}} - 7) + 2.3 \times (M_{\text{summer}} - 7) + 0.9 \times (M_{\text{fall}} - 7) + 0.8 \times (M_{\text{winter}} - 7) \right]$$

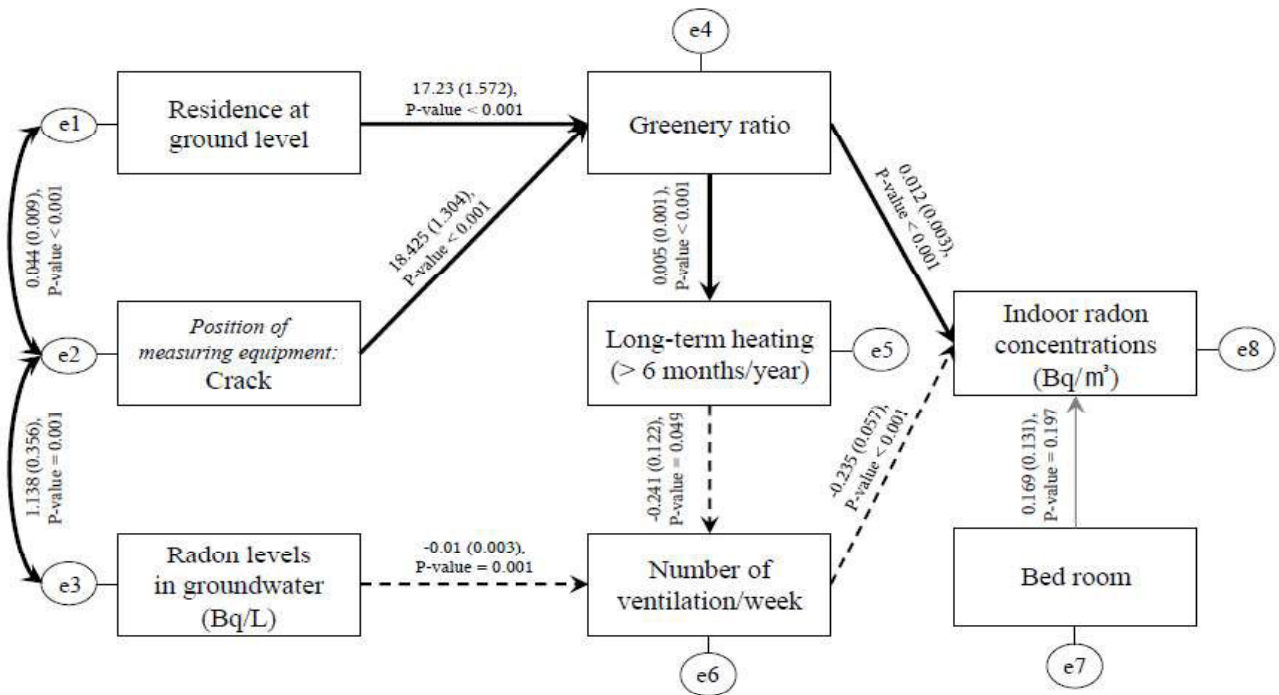
- 국립환경과학원 2010-2011, 계절별, 전국 1000가구, α비적검출기
- 한국원자력안전기술원, 2005, 계절별, 전국 4000가구, α비적검출기
→ 조건(주택, 사계절, 정확한 값)에 해당하는 가구 1825가구
- 실외 라돈 배경농도: 서울 성동구, 1999.12~2002.1, Electrostatic Radon Monitor 측정, 평균값=7.62±4.11 Bq/m³

Journal of Environmental Science International
25(8); 1107~1114; August 2016



Affected model of indoor radon concentrations based on lifestyle, greenery ratio, and radon levels in groundwater

J Health Info Stat 2017;42(4):309-316



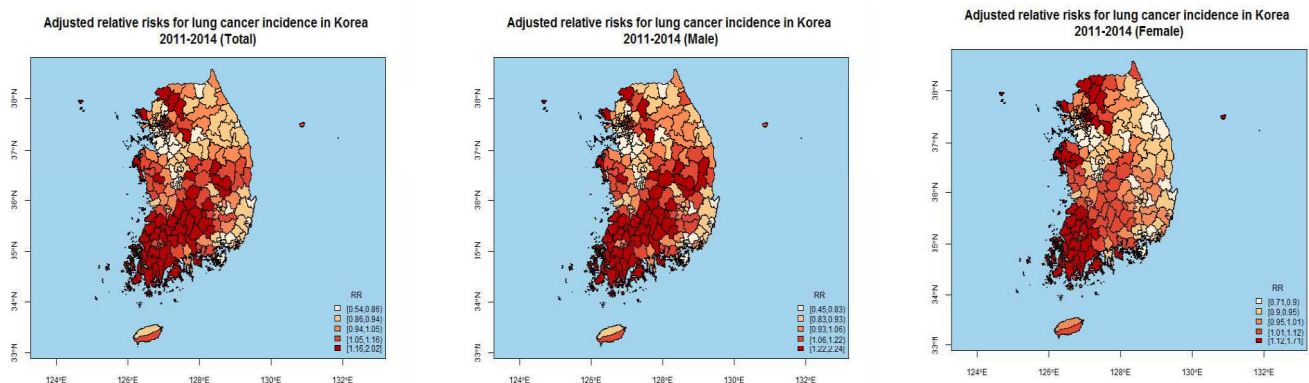
Testing the null hypothesis that the model is correct.

P -value = 0.257, $\chi^2 = 21.449$, $df = 18$

P -value by Bollen-Stine bootstrap = 0.258

Indoor Radon Concentration Levels and Lung Cancer Incidence in Korea 2011-2014 : A Spatial Regression Analysis

Environmental Health under review

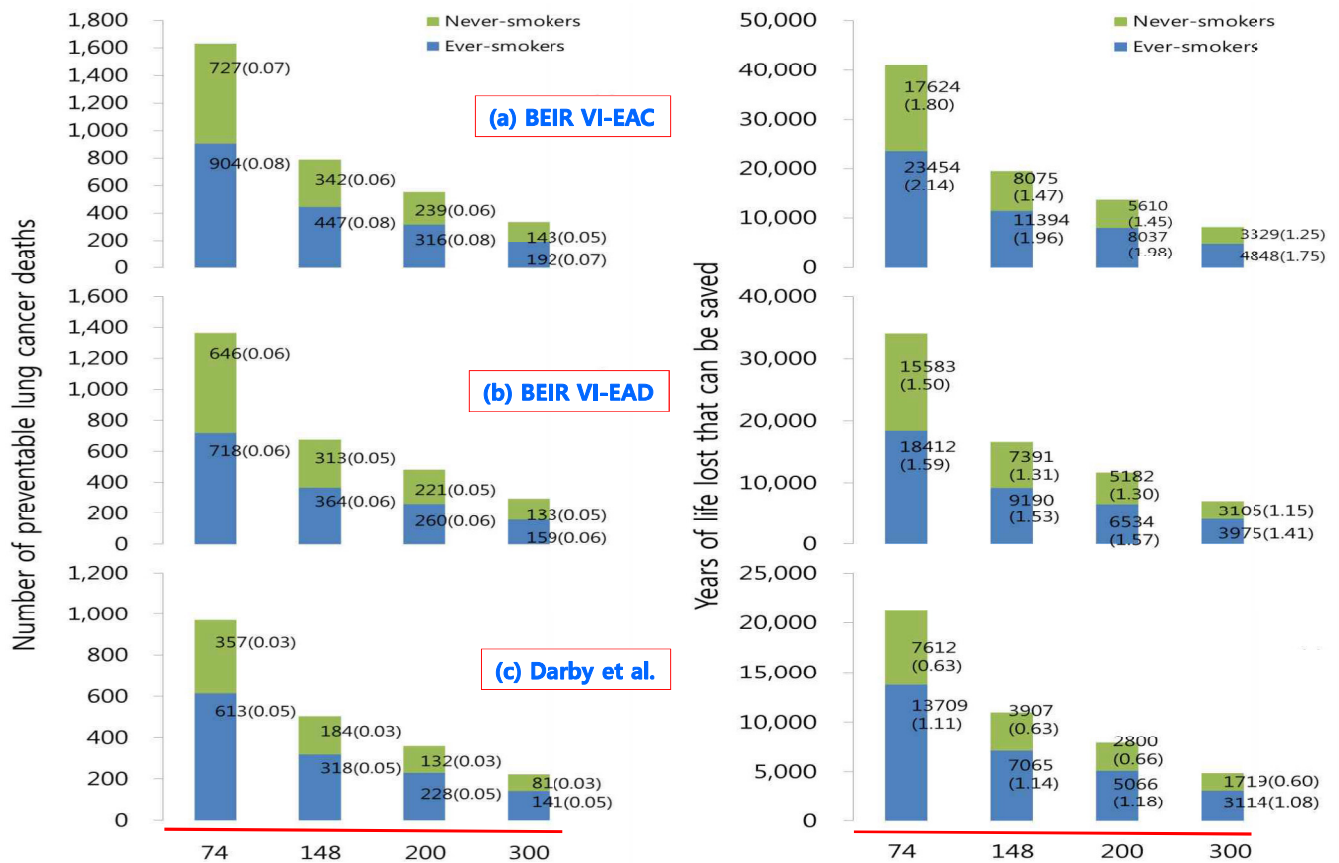


Rn (Bq/m ³)	Total		Male		Female	
	RR	95% CI	RR	95% CI	RR	95% CI
≥148 vs. <148	1.25	1.06-1.47	1.24	1.04-1.48	1.28	1.08-1.52
74~<148 vs. <74	1.14	1.01-1.29	1.16	1.01-1.32	1.10	0.98-1.24
148~<200 vs. <74	1.38	1.13-1.69	1.40	1.13-1.73	1.36	1.11-1.66
≥200 vs. <74	1.52	1.05-2.21	1.45	0.98-2.16	1.62	1.09-2.42
Moran's index	0.36 (p<0.001)		0.34 (p<0.001)		0.39 (p<0.001)	

$\ln(RR) = \text{INLA}(\text{radon+impervious, 'poisson', SIR, expected, control})$

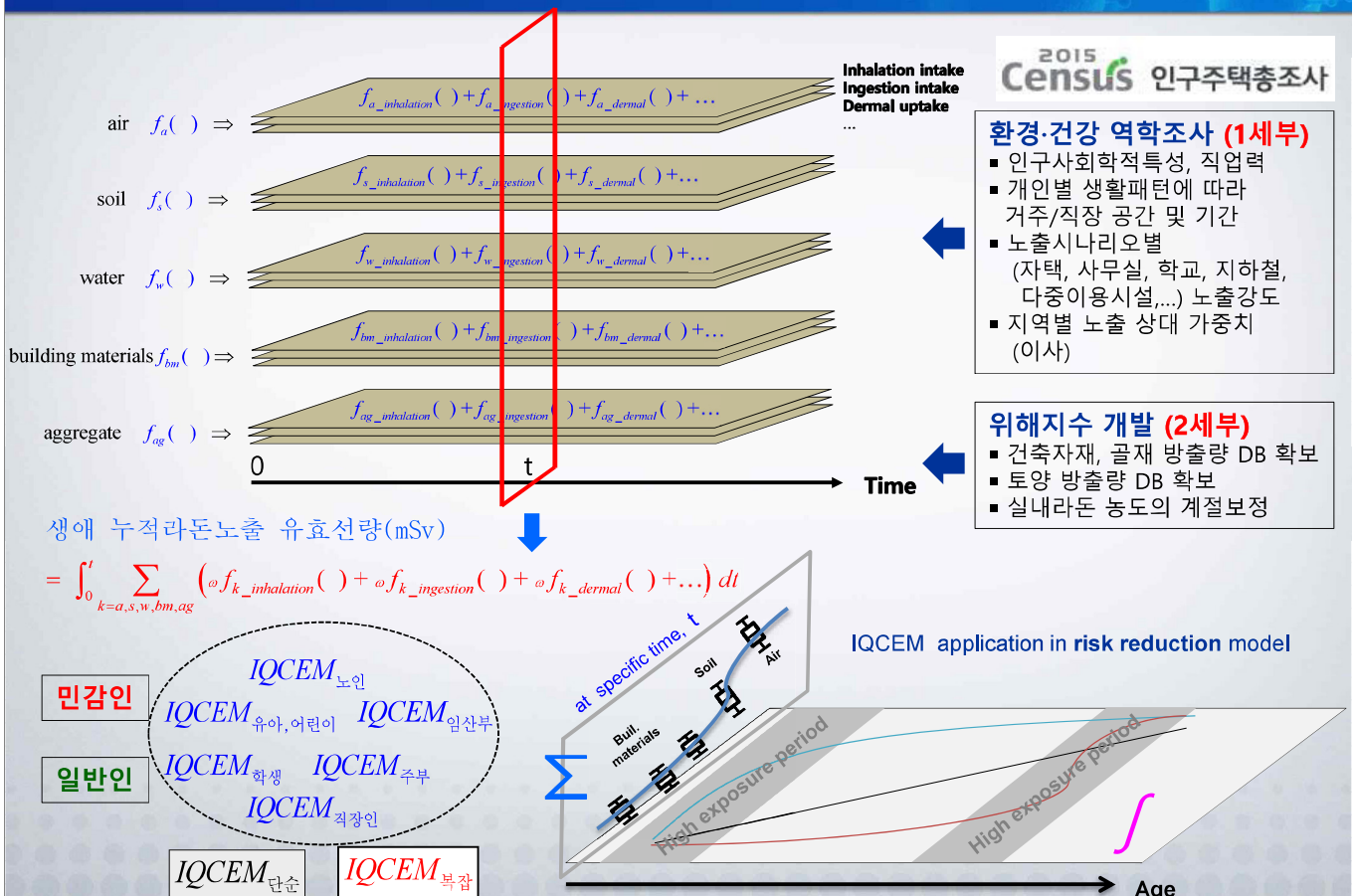
Indoor radon and lung cancer: attributable risk, disease burden, and effects of mitigation

Yonsei Med J under review

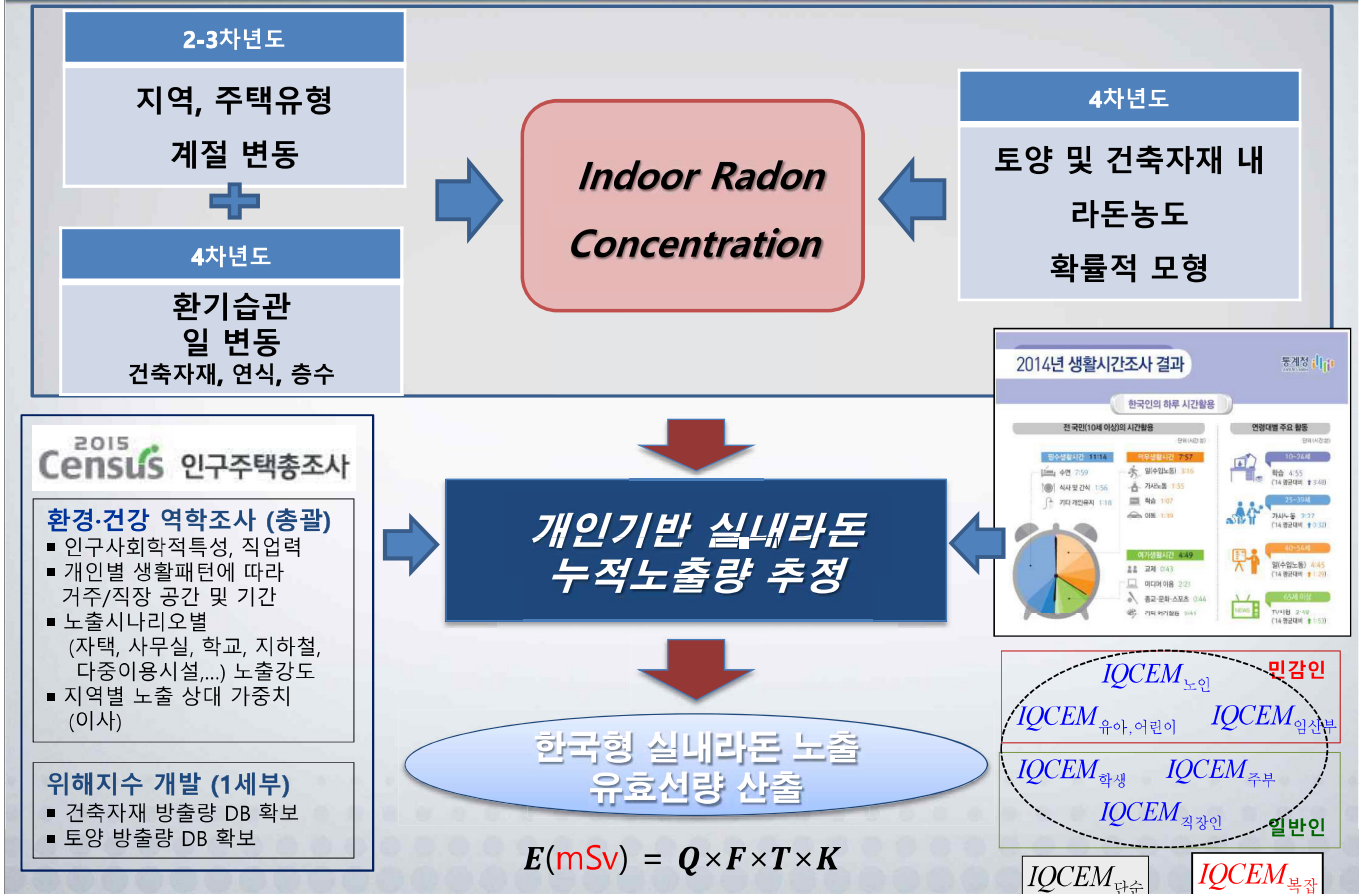


IQCEM 노출알고리즘 제안

Individual based Quantitative Cumulative Exposure Model



I 4차년도 연구 계획



I 한국형 실내라돈 노출 유효선량 산출식

■ 한국형 실내라돈 노출 유효선량 산출

- UNSCER(2000)에서는 선량학적 접근방법에 준하여 **선량환산계수**를 산출하고, 이의 적용을 통한 라돈 노출에 의한 **연간유효선량**을 산출 방법을 제시

$$E_{\text{year}} = Q \times F \times T \times K$$

where Q is the annual mean radon concentration, F is the equilibrium factor between indoor radon and its decay product, T is the annual residential time and K is the dose conversion coefficient.

모델	식	주요 변수
주택의 실내 라돈 농도 추정 모델	$C_i = \frac{E_s \frac{S_{so}}{V} + E_{hm} \frac{S_{hm}}{V} + \lambda_p C_o - \lambda(C_s + C_{hm})}{\lambda + \lambda_p}$ $\lambda_p = (f_i T_i - T_o + f_w u^2) N^{\frac{1}{2}}$	- 거주지 주소 (토양) - 환기습관 - 건축자재 - 기상요인
연평균 라돈 농도 추정을 위한 계절보정 모델	$C_{\text{year}} = C_{j,k} \frac{f_j + \dots + f_{j+k-1}}{k}$	- 주택 유형 - 계절 주기성

- 설문조사 및 생활시간조사 (통계청 자료)
- 개인 또는 집단의 활동 양상 고려

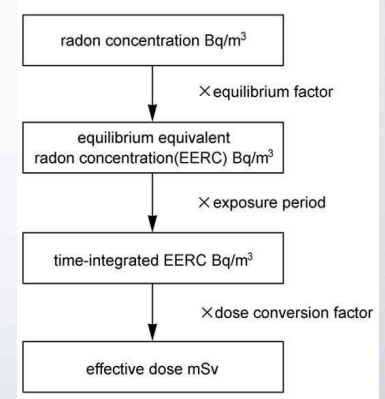


그림. 라돈 노출 유효선량 평가 순서도

I 노출 시나리오(단순)에 따른 유효선량 산출 과정

- 65세 여성의 노출 시나리오 (단순)

a : 2년 이상 거주한 곳, B : 개인별 응답 또는 개인 및 집단 생활양상 시간 권고값

	거주력 ^a	1					
	거주 연령	10-19세	20-24세	25-34세	35-44세	45-54세	55-64세
실내 라돈 농도 주요 변수	주소지	강원도 원주시					
	주택유형	아파트					
	건축자재	콘크리트 또는 시멘트					
	환기습관	일주일에 2-3회					
	단기간 라돈 농도 측정값	C _{short-term}					
모델 적용 계절 보정 모델							
노출 평가	연평균 라돈 농도 추정값	Q					
주요 계수	연평균 거주시간 ^b	T ₁₀₋₁₉	T ₂₀₋₂₄	T ₂₅₋₃₄	T ₃₅₋₄₄	T ₄₅₋₅₄	T ₅₅₋₆₄
실내라돈 노출 유효선량		$E = \sum_{j: \text{age group}} Q \times T_j \times F \times K$					

I 노출 시나리오(복잡)에 따른 유효선량 산출 과정

- 65세 여성의 노출 시나리오 (복잡)

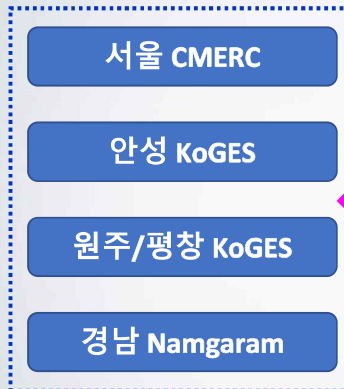
a : 2년 이상 거주한 곳, B : 개인별 응답 또는 개인 및 집단 생활양상 시간 권고값

		거주력 ^a	1	2	3			
		거주 연령	10-19세	20-24세	25-34세	35-44세	45-54세	55-64세
실내 라돈 농도 주요 변수	주소지	강원도 원주시	서울특별시 관악구	대전광역시 대덕구				
	주택유형	단독주택	연립다세대	아파트				
	건축자재	적벽돌	콘크리트 또는 시멘트	콘크리트 또는 시멘트				
	환기습관	일주일에 2-3회	거의 열지 않는다	하루에 1회				
	단기간 라돈 농도 측정값	-	-	$C_{short-term}$				
모 형 적 용 실내 라돈 농도 추정 모델								
단기간 라돈 농도 추정값		C_1	C_2	$C_3 = C_{short-term}$				
모 형 적 용 계절 보정 모델								
노출 평가	연평균 라돈 농도 추정값	Q_1	Q_2	Q_3				
주요 계수	연평균 거주시간 ^b	T_{10-19}	T_{20-24}	T_{25-34}	T_{35-44}	T_{45-54}	T_{55-64}	
실내라돈 노출 유효선량		$E = \sum_{\substack{i: \text{living history} \\ j: \text{age group}}} Q_{ij} \times T_{ij} \times F \times K$						

환자대조군 연구

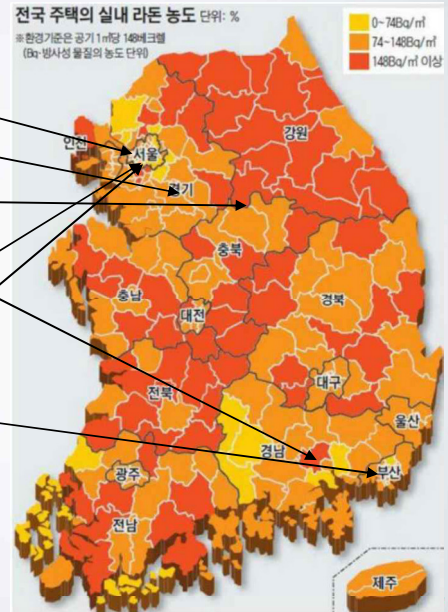
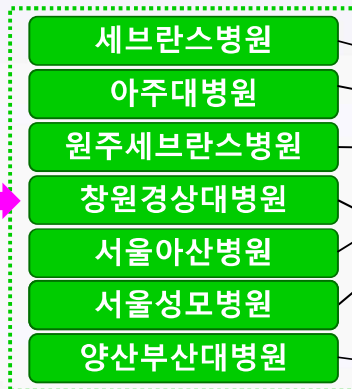
병원기반 환자군, 지역사회기반 대조군 구축

지역사회기반 대조군



* CMERC : 심뇌혈관 및 대사질환 원인연구센터
 * KoGES : 한국인 유전체 역학 조사사업
 * Namgaram : 지역사회건강조사기반 코호트

병원기반 환자군



Lung Cancer

Adult smokers
350명

Adult never-smokers
350명

Control

Control1
age, sex, region
matched
350명

Control2
age, sex, region
matched
350명

	1yr	2yr	3yr	4yr	Total
Case	250명	250명	200명	Analysis & Modeling	700명
Control	250명	250명	200명		700명
Total	500명	500명	400명		1400명

※ 중도탈락률 10%를 고려하여 $700/(1-0.1) = 770$ 명을 계획함.

환자-대조군 연구

환자군, 대조군 모집 현황

(단위: 명)

병원기반 환자군 (Lung Cancer) 2018년 6월 11일 기준							지역사회기반 대조군 (Non Lung Cancer) 2018년 6월 11일 기준	
	현재 모집 인원※			모집 목표(~4차년도)			연령 성별 흡연여부 환기횟수 거주지역 주택유형 간접흡연	서울 CMERC (설문644 / 라돈253 라돈EYE 20) + 안성 KoGES (설문1800 / 라돈187 라돈EYE 20) + 원주/평창 KoGES (설문1799 / 라돈198 라돈EYE 20) + 경남 Namgaram (설문1590 / 라돈181 라돈EYE 20)
	비흡연	흡연	계	비흡연	흡연	계		
세브란스병원	158	150	308	140	140	280	환자군과 1:1 PSM 매칭	
아주대병원	59	47	136	90	90	180		
원주세브란스병원	36	67	155	40	40	80		
진주창원경상대병원	1	1	2	25	25	50		
서울아산병원	22	29	51	25	25	50		
서울성모병원	15	14	29	45	45	90		
양산부산대병원	40	1	41	20	20	40		
합 계	331	309	640	385	385	770	770	설문5833 / 라돈819 라돈EYE 80

※ 중도탈락률 10%를 고려하여 $700/(1-0.1) = 770$ 명을 계획함.

I 환자-대조군 연구

• 환자군 라돈측정 진행 프로세스 변경 •

< 기존 >

1. 환자모집 및 조사진행
2. 1개월 내에 측정팀(2세부)에서 거주지 방문하여 라돈측정기 설치 (측정기간 3개월)
3. 측정기 수거 및 가구조사
4. 라돈데이터 검출

< 변경 후 >

1. 환자모집 및 조사진행
2. 라돈측정기 설치에 관한 교육을 진행하여 거주지에 **직접** 측정기를 설치하도록 안내함
3. 3개월 후에 측정팀(2세부)에서 측정기 수거 및 가구조사
4. 라돈데이터 검출

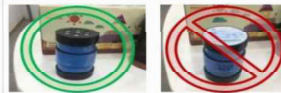
Radon detector(라돈 측정기) 설치 방법 passive alpha-track detectors (Radnet Model RSV-8)

- ❖ 설치하셔야 하는 측정기는 **총 2개**입니다. 주로 생활하는 2개 장소에 설치하시면 됩니다.
(예: 거실1개, 안방1개 / 안방1개, 작은방1개)
- ❖ 측정기가 포장되어 있는 **비닐을 개봉하는 즉시 측정이 시작**됩니다.
- ❖ 측정기가 포장되어 있던 비닐은 보관을 부탁드립니다.



설치방법

1. 설치 장소를 선정 합니다.
2. 비닐을 개봉하고 측정기를 꺼냅니다.
3. 측정기 아래 부분에 정보를 기입합니다.
 - 시 설 명: 환자아름(병원명), 예) 홍길동(신촌), 김조사(아주)
 - 측정위치: 측정기를 설치할 장소, 예) 거실, 안방, 작은방
 - 설치시간: 현재날짜, 예) 2016년 9월 23일
4. 구멍이 있는 부분이 반드시 위로 향하도록 측정기를 설치합니다.



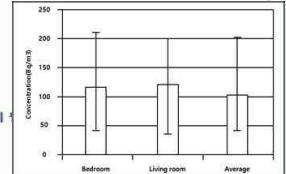
※ 측정기 설치 후 가급적 이동은 피해주시고, 불가피하게 이동하게 될 경우 돌려놓아 주시기 바랍니다.

설치예시



※ 설치를 피해야 하는 장소:
가전제품 주변, 창가, 밀폐된 서랍장 내부,
어린이가 있을 경우 손이 잘 닿을만한 곳

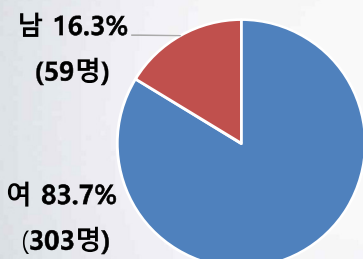
라돈 위해성 평가 연구센터
K-IREES
T. 031)219-4547



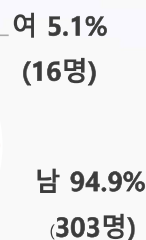
I 환자-대조군 연구 결과

• 환자군 현황 (기본사항) •

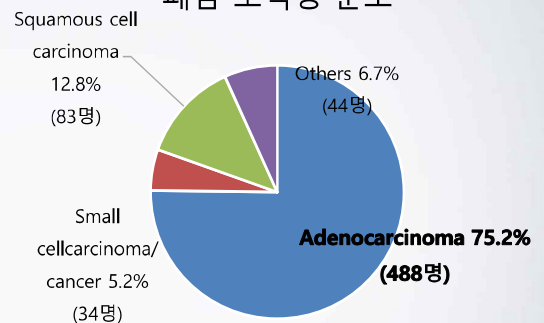
비흡연 환자군



흡연 환자군



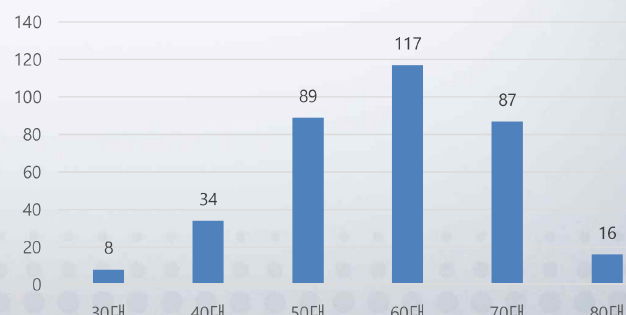
폐암 조직형 분포



비흡연 환자군 연령 분포



흡연 환자군 연령 분포



환자-대조군 연구 결과

Unit: Mean $\pm$ SD, N(%)

Variables	Hospital based group (n=522)	Community based group (n=825)	p-value
Age (year)	63.97 $\pm$ 10.42	63.13 $\pm$ 10.68	0.155
Sex			
Male	284(54.41)	303(36.73)	<.001
Female	238(45.59)	522(63.27)	
Smoking state			
Smoker	251(48.08)	200(29.33)	<.001
Non-smoker	271(51.92)	482(70.67)	
House Type			
Detached house	167(31.99)	547(66.30)	<.001
Row house	47(9.00)	34(4.12)	
Multiplex house	150(28.74)	121(14.67)	
Apartment	158(30.27)	123(14.91)	
Regular Ventilation			
No	172(35.68)	335(40.90)	0.062
Yes	310(64.32)	484(59.10)	
Residential Radon AM	59.97 $\pm$ 55.77	71.31 $\pm$ 55.39	<.001
Concentration (Bq/m ³) GM	43.09 $\pm$ 51.99	58.38 $\pm$ 38.35	<.001
Impervious Ratio	28.48 $\pm$ 23.65	22.63 $\pm$ 24.95	<.001

환자-대조군 연구 결과

실내라돈 농도 기준에 따른 폐암 유병 OR (95% CI)



522명 : 825명

200명 : 200명

Propensity Score Matching Variables :

age, sex, smoking status,
ventilation rate, house type,
involuntary smoking status,
impervious ratio

※ 2018년 6월 11일 기준

Variables	Indoor Radon level	Total	Smoker	Non smoker	Male	Female
		OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
ln(Radon) (Bq/m ³)	continuous	1.49(1.03-2.17)	1.19(0.68-2.09)	1.92(1.13-3.25)	1.19(0.72-7.98)	1.93(1.09-3.43)
	≥ 74 vs. < 74 (ref)	2.16(1.35-3.45)	2.06(0.94-4.52)	2.34(1.27-4.32)	2.38(1.17-4.85)	2.06(1.07-3.96)
	≥ 100 vs. < 100 (ref) WHO 기준	2.09(1.11-3.94)	2.30(0.88-5.97)	2.08(0.85-5.07)	2.05(0.88-4.79)	2.30(0.85-6.23)
	≥ 148 vs. < 148 (ref) Korea 실내공기질관리법 (다중이용시설)	0.96(0.36-2.54)	0.51(0.13-2.01)	1.74(0.38-7.78)	0.47(0.13-1.74)	2.25(0.41-12.31)
	≥ 200 vs. < 200 (ref) Korea 실내공기질관리법 (공동주택)	0.74(0.24-4.03)	0.24(0.02-2.45)	3.67(0.35-38.55)	0.19(0.02-1.85)	-

• Adjusted for age, sex (or smoking status), ventilation rate, house type, involuntary smoking status, impervious ratio

- Novel genetic associations between lung cancer and indoor radon exposure

Journal of Cancer Prevention 2017 Dec;22(4):234-240

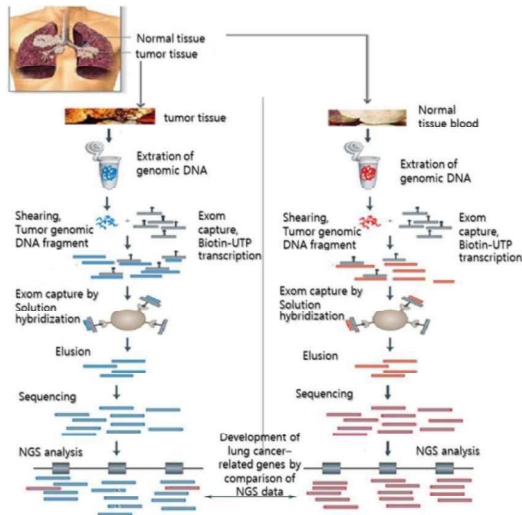
- Radon Exposure-induced Genetic Variations in Lung Cancers among Never Smokers

J Korean Med Sci 2018 Jul 16;33(29):e207

- Pei et al., *Environmental Health and Preventive Medicine* (2017) 22:36

Mouse lung tissue was severely injured when exposed to radon through pathological diagnosis and immunohistochemical analysis. A series of differentially expressed **circular RNAs** demonstrated that they may play an important role in pulmonary toxicity induced by radon. → **Radiation damage to DNA**

Strategy for detecting lung cancer-related genes using exom sequencing based on NGS in LCINS tissues



◆ 환자군 모집 기준 :

- 폐암 수술 이력이 있는 환자
- 조직학적 병기 I~Ⅲa adenocarcinoma인 환자
- 생애 비흡연자(LCINS), 폐암 가족력이 없는 환자

→ N=19명*3(57cases): (64.3세±11.2)

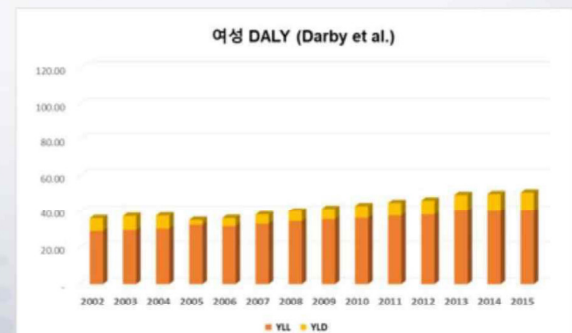
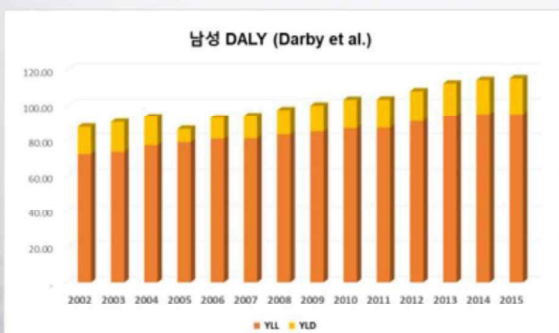
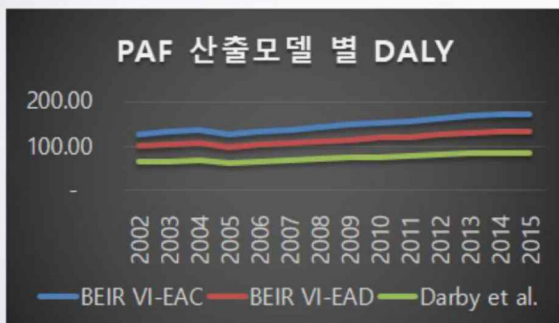
→ Radon(Bq/m³): 61.5±43.3 (22.8~216.6)

◆ Next Generation Sequencing



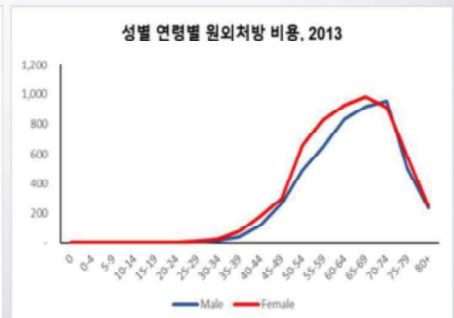
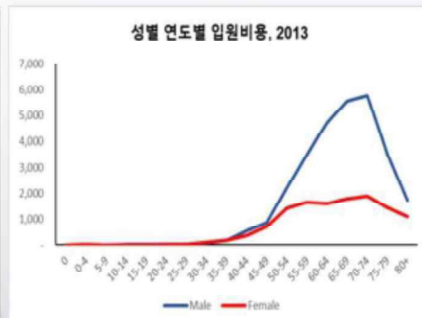
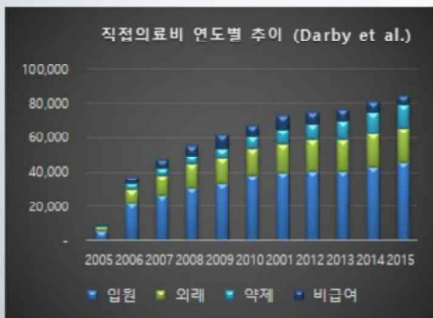
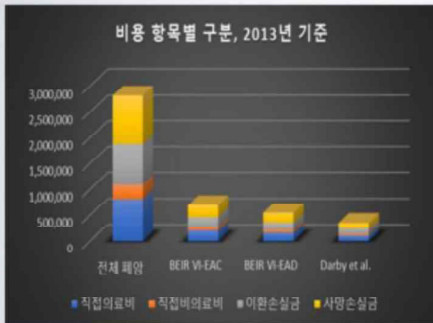
라돈 노출에 의한 폐암 질병부담

- 유병자 10만명 당 전체 87.33년 (2015년)
 - 남성: 71.96년 여성: 15.37년



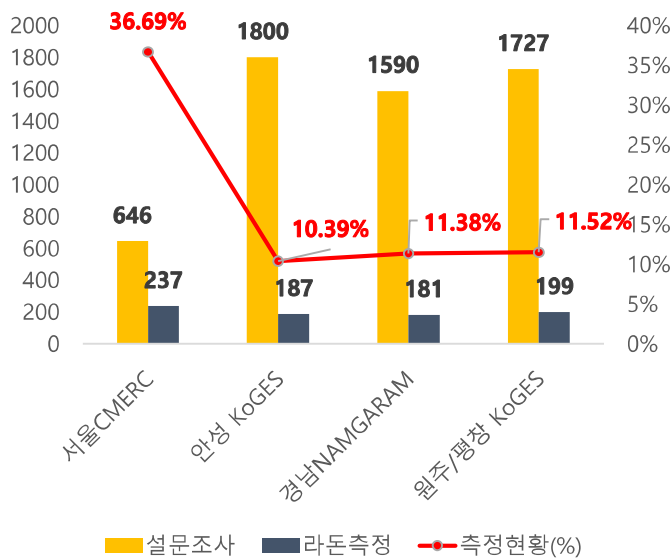
라돈 노출에 의한 직·간접 의료비용 산출

(단위: 백만 원)

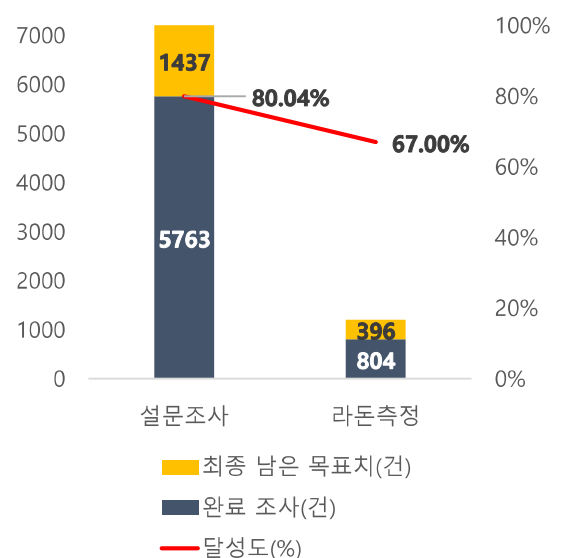


지역사회기반 조사 현황

(2018년 4월 17일 기준)



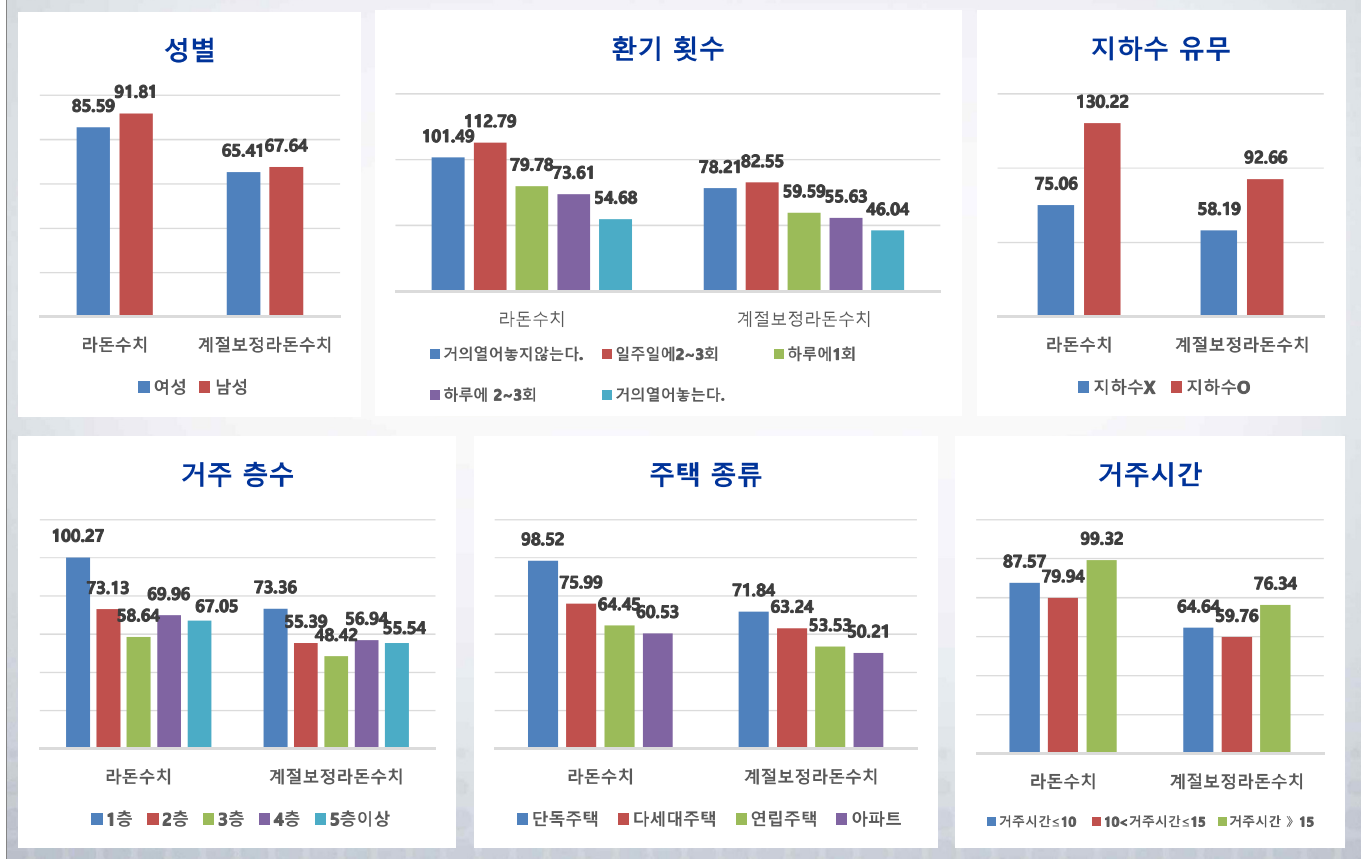
‘라돈코호트’ 전체 모집 현황 및 최종목표



I 지역사회 기반 라돈코호트 기술통계

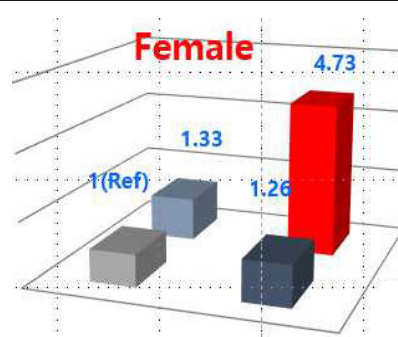
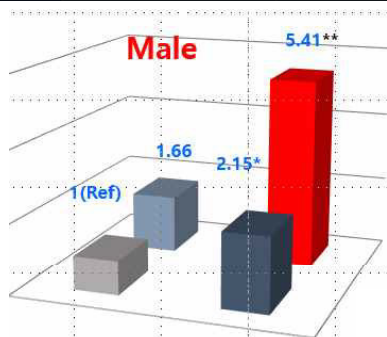
	경남 NAMGARAM (n=181)	서울CMERC (n=252)	안성KoGES (n=187)	원주평창KoGES (n=198)	총합 (n=818)
Age	70.56±6.83	54.10±8.89	67.09±7.94	65.04±8.10	63.36±10.32
Radon (Bq/m³)	68.16±41.75	69.97±41.78	79.29±57.17	157.61±131.09	92.91±84.63
Radon season	50.31±28.24	56.84±29.51	68.54±46.58	111.06±81.57	71.20±55.58
Impervious ratio	7.52±2.70	58.74±11.26	9.01±00.00	3.67±2.00	22.71±24.98
Green ratio	69.21±4.37	29.12±11.53	49.13±00.00	79.88±5.83	54.85±21.50
Room_hour	13.72±3.05	5.45±6.45	14.35±4.02	14.84±4.16	11.59±6.29
Sleep time	6.50±1.79	3.02±3.44	6.70±1.17	6.54±1.70	5.48±2.84
House_year	1985.56±23.23	1998.94±10.22	1991.63±16.54	1993.53±15.24	1992.98±17.13
House_floor	1.04±0.19	5.85±5.08	1.49±1.71	2.15±2.97	2.89±3.84
House member	1.85±1.02	3.24±1.09	2.39±1.17	2.29±1.04	2.51±1.20

I 지역사회기반 라돈코호트 특징별 라돈수치



ISEE/ES-AC (International Society for Environmental Epidemiology / Exposure Science - Asia Chapter), Taipei-Taiwan, June 21~25, 2018

Variable			Total OR (95% CI)	Male OR (95% CI)	Female OR (95% CI)
Smoking (ref = Non-Smoking)			3.55 (2.53~5.03)	2.31 (1.29~4.22)	1.52 (0.44~4.75)
Radon Season (ref = <100Bq/m ³)			2.15 (1.38~3.36)	2.30 (1.23~4.37)	1.41 (0.67~2.91)
Group	Non-Smoking	Radon Season (<100 Bq/m ³)	Ref.	Ref.	Ref.
	Non-Smoking	Radon Season (≥100 Bq/m ³)	1.28 (0.66~2.44)	1.66 (0.36~6.64)	1.33 (0.62~2.78)
	Smoking	Radon Season (<100 Bq/m ³)	3.02 (2.09~4.40)	2.15 (1.14~4.18)	1.26 (0.32~4.38)
	Smoking	Radon Season (≥100 Bq/m ³)	9.26 (4.84~18.04)	5.41 (2.26~13.38)	4.73 (0.21~51.74)



www.KiREES.co.kr

K-iREES 라돈 위해성 평가 연구센터
Korea Integrated Radon Exposure Epidemiology Statistics

HOME 사이트맵

센터소개

데이터베이스시스템

라돈저감, 이렇게하세요

공지사항

FAQ

≡

실내라돈 개인기반 노출 평가 및 통합 위해관리 기술 개발

Development of Individual-based Exposure Assessment and Integrated Risk Management Technology for Indoor Radon

공지사항

FAQ

라돈결과확인

이름

이름을 입력해 주세요.

연락처 뒤 4자리

연락처 뒤 4자리를 입력하세요.

초회기 만원영수 000 000 연구센터로 연락주시기 바랍니다.

확인

특명! 라돈으로부터 가족을 보호하라

라돈저감, 이렇게하세요!

라돈부터 지 7상에 존재해있던 자연방사선 기체. 밀폐한 이해와 생활속 작은 실천만으로도 얼마든지 위험으로부터 벗어날 수 있습니다.

K-iREES 소개

센터장 소개

센터 구성도

센터 운영계획

시스템 구성도

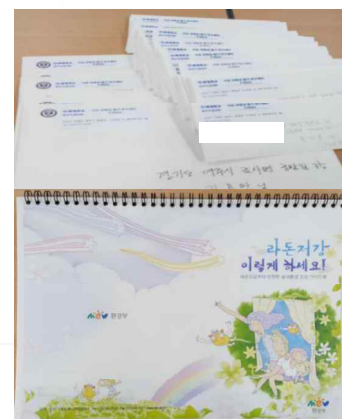
시스템 바로가기

① 병원기반 환자군

회차 (일자)	<100	≥100	전체
1차 (2017.07.25)	214	29	243
2차 (2017.10.20)	15	78	93
3차 (2017.11.23)	6	36	42
4차 (2018.01.08)	7	24	31
5차 (2018.01.19)	31	8	39
6차 (2018.02.22)	11	10	21
7차 (2018.05.04)	22	8	30
8차 (2018.06.08)	18	3	21
합계	324	196	520

② 지역사회기반 코호트

회차 (일자)	<100	≥100	전체
1차 (2017.07.03)	333	85	418
2차 (2017.07.25)	20	10	30
3차 (2018.04.20)	157	41	198
4차 (2018.05.04)	2	4	6
5차 (2018.06.08)	176	91	267
합계	688	231	919



(문자발송+전화) 추적조사

목적 : 폐암에 영향을 미치는 위험요인 규명

- 흡연자와 비흡연자를 분할하여 분석함으로써 비흡연자의 라돈에 의한 폐암의 영향을 분석할 수 있음
- 라돈과 흡연의 상호작용이 폐암에 영향을 어떻게 미치는지 규명할 수 있음
- 라돈과 폐암 연구에서 혼란변수로 영향을 줄 수 있는 변수들을 보정함으로써 정확한 결과를 도출할 수 있음

설문항목

조사대상 : 964 명

- 전체 대조군 대상자 중에서 현장조사를 한 대상

	목표 대상자수
서울 CMERC	257
안성 KoGES	189
경남 Namgaram	168
원주/평창 KoGES	350
합계	964

조사목표 및 방법

- 목표 : 응답율 **48%**
- 조사기간 : 6월1일 ~ 8월15일
- WHO 기준인 라돈수치 100을 기준으로 두그룹으로 나누어 진행
- 목표대상자수는 현장조사 데이터가 추가됨에 따라 1차와 2차로 나누어 진행
- 수집된 데이터는 바로 DB화 하여 진행상황을 바로 파악할 수 있도록 함.

라돈 건강영향평가 설문조사

안녕하십니까? 라돈 위험성 평가 연구입니다. 최근 본 연구에 참여해 주셔서 진심으로 감사드립니다. 본 연구는 라돈 노출과 관련된 질병 발생과 그 원인을 파악하여 예방책을 제시하는 것이 목적으로 라돈 건강영향평가 조사를 수행하고 있습니다. 타워시타라도 당시엔 시간을 내 주셔서 감사하며 주시겠는지 확인합니다.

* 필수항목

1. 귀하는 실내환기를 얼마나 자주 하십니까? (여름철) *

☐ 전혀 하지 않는다

☐ 거의 하지 않는다

☐ 보통이다

☒ 자주 진행한다.

☐ 매우 자주 진행한다.

2. 귀하는 실내환기를 얼마나 자주 하십니까? (겨울철) *

☐ 전혀 하지 않는다

☐ 거의 하지 않는다

☐ 보통이다

☐ 자주 진행한다.

☐ 매우 자주 진행한다.

3. 귀하는 흡연을 하십니까? *

☐ 예

☐ 아니오

4. 가족의 흡연으로 인한 간접흡연 경험이 있으십니까? *

☐ 예

☐ 아니오

5. 귀하는 의사로부터 폐암 혹은 호흡기 질환을 진단받은 적이 있습니까? *

☐ 예

☐ 아니오

5문항에 예로 답변 경우) 진단받은 적이 있다면 진단명은 무엇입니까?

내 답변

6문항에 예로 답변 경우) 처음 진단 받은 나이는 언제입니까?

내 답변

5문항에 예로 답변 경우) 폐암 진단당시에 현 거주지와 동일하였습니까? (라돈 측정 당시 거주지)

☐ 예

☐ 아니오

설문에 응해 주셔서 대단히 감사합니다. 설문조사 신뢰도를 위해 설문응답 확인 전화를 드릴 수도 있으니 응답한 항목에 대해 한번 더 확인 부탁드립니다.

소중한 시간을 내어 주신 감사의 뜻으로 백다방 아메리카노 쿠폰을 문자로 발송해드리고 합니다. 핸드폰 번호입력해주세요. *

내 답변

(설문조사를 받은 번호와 일치해야지만 쿠폰이 발송됩니다)

계속

(문자발송+전화) 추적조사

조사 일정 및 계획

	일정	실행
1차 추적조사: 6월 1일~6월 31일	6월1일	(1회) 1차 문자발송
	6월10일	1차 문자발송 응답을 체크 및 응답자에게 쿠폰발송
	6월15일	(2회) 1차 문자 미응답대상으로 문자 재발송
	6월20일	(3회) 1차 문자 미응답자 대상으로 전화 설문
2차 추적조사: 7월 1일~7월 30일	7월1일	(4회) 추가된 대상자를 상대로 2차 문자발송
	7월 5일	(5회) 2차 문자 미응답대상으로 문자 재발송
	7월10일	(6회) 2차 문자 미응답자 대상으로 전화 설문
	7월15일	(7회) 1차 미응답 + 2차 미응답 대상으로 전화설문 (조사거부 제외)
	7월30일	2차 응답율 산정
3차 추적조사: 8월 1일~8월 15일	8월1일	(8회) 미응답자 대상 재 전화설문
	8월15일	최종응답율 및 데이터 정리

현재까지 진행상황

2018년 6월 18일 기준

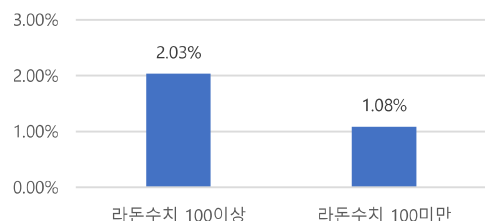
	라돈수치 100이상 대상자			라돈수치 100미만 대상자			합계		
	발송건수	응답건수	응답율	발송건수	응답건수	응답율	발송건수	응답건수	응답율
1회	148	16	11%	558	63	11%	706	79	11%
2회	134	9	7%	497	34	7%	631	43	7%
합계		25			97			122	17%

호흡기질환 응답율

	호흡기질환 유무	발송대상자수	호흡기질환율
라돈수치 100이상	3	148	2.03%
라돈수치 100미만	6	558	1.08%
	9	706	

- 라돈수치 100이상과 100미만을 비교했을 때 호흡기 질환이 발생했다고 응답 하신분의 응답율차이는 약 2배 정도 차이를 보임.
- 현재 진행중이므로 추이는 더 지켜봐야함.

호흡기질환율





KEITI
한국환경산업기술원

서경대학교
SEKYONGDAE UNIVERSITY



라돈 위해성 평가 연구센터

K-iREES

Korea - Integrated Radon Exposure Epidemiology Statistics



Henri Becquerel
(1852 ~1908)



Maria Curie
(1867 ~1934)



Pierre Curie
(1859 ~1906)



$$4 \cdot pCi / L = 148 \cdot Bq / m^3 = 0.04 \cdot WL$$

경청해주셔서 감사합니다.

BEIR : Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation

BEIR-EAC : Exposure-Age-Concentration model proposed by the 6th BEIR committee (1999)

BEIR-EAD : Exposure-Age-Duration model proposed by the 6th BEIR committee (1999)

European pooling study : Risk model by joint analysis of data from **13** European countries by **Darby** et al. (2004)

충남 환경보건 열린 포럼
제2차 워크숍

라돈의 측정 및 저감 방안 사례



씨앤에치, Inc

radon Dr.
www.radondr.co.kr

이 영 섭

National Radon Proficiency Program



Youngsub Lee

Residential Measurement Provider

ID Number: 108306 RT Expiration 11/30/2019

To confirm validity of this certification call (800) 269-4374. Verification of adherence to state and local regulations is advised. See reverse for specific certification designations.

radon Dr.
www.radondr.co.kr

CONTENTS TITLE

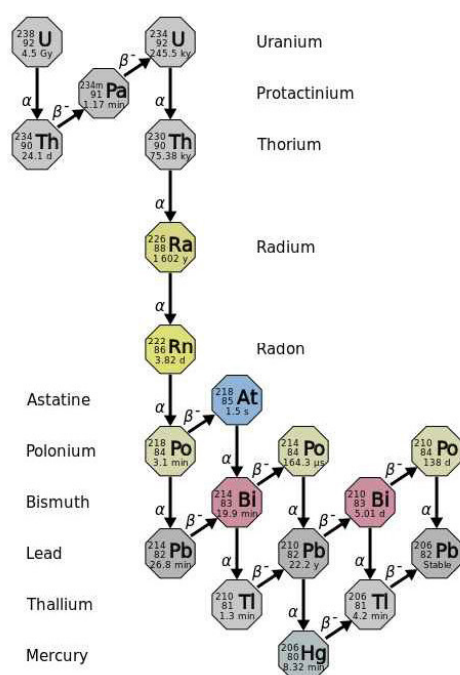
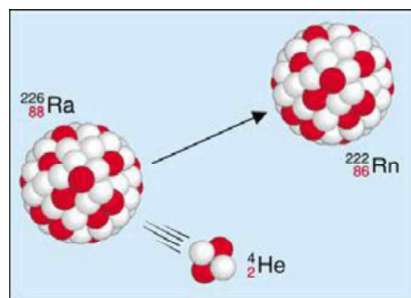
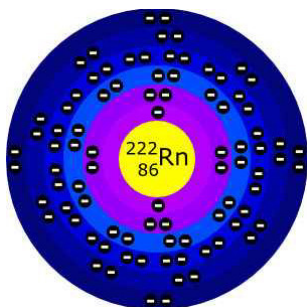
1	라돈의 이해	✓
2	측정 방안	✓
3	저감 방안	✓
4	저감 사례	✓

라돈의 이해

라돈의 이해

라돈

- 태초부터 지구상에 존재하는 천연 방사성 물질
- 무색, 무미, 무취의 불활성 기체로서 화학적으로는 안정하나 물리적으로 매우 불안정
- 우라늄(U)과 토륨(Th)의 자연방사성 붕괴사슬에서 라돈을 거쳐 생성되는 방사성 비활성기체
- 지각과 대기 중에 극미량 존재



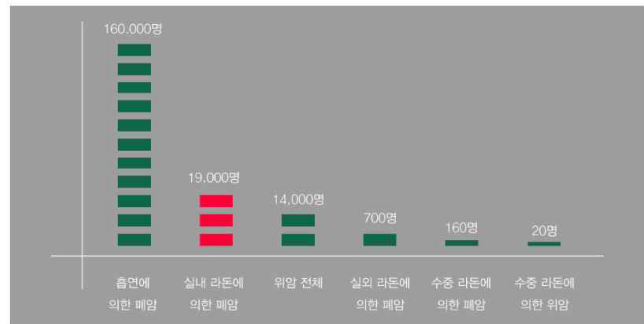
라돈의 이해

라돈의 위험성

- 라돈은 폐암유발 1급 발암물질로써 호흡을 통해 인체에 흡입된 라돈과 라돈자손은 붕괴를 일으키면서 알파선을 방출하여 폐조직을 파괴함
- 세계보건기구[WHO]는 전세계 폐암발생의 3~14%가 라돈에 의해서 발생
- 라돈을 흡연에 이은 폐암발병 중요 원인물질로 규정



*자료 출처 : EPA Assessment of Risk from Radon in Homes(EPA 402-R-03-003)



*자료 출처 : EPA Assessment of Risk from Radon in Homes(EPA 402-R-03-003)

radon Dr.
www.radondr.co.kr

라돈의 이해

라돈의 실내 유입 경로



<출처, 환경부 '라돈으로부터의 실내환경조성 가이드북' 중>

➢ 토양으로부터 주로 유입

- 건물 바닥 또는 벽의 갈라진 틈을 통해 토양 가스가 실내로 유입 (85~97%)

➢ 실내에서 축적

- 라돈은 실내 등 밀폐된 공간에 고농도로 축적되어 문제
- 토양층을 통과해 올라온 라돈이 실외보다 **압력이 낮은 건물 내부로 유입**되어 쌓이게 됨

➢ 대부분 실내공기 호흡 시 노출

- 라돈에 노출되는 경로의 약95%는 실내 공기를 호흡할 때.
- 이 밖에 샤워를 할 때, 물을마실 때도 지하수에 녹아있는 라돈에 노출 될 수 있음

라돈의 이해

라돈에 대한 진실

- 라돈은 자연적으로 발생하는 방사성 가스입니다.
 - 일반인들은, 전체 원자력 산업에서 초래되는 방사능보다 1,000배이상 라돈에 노출되어 있습니다.
- 실내 라돈 농도는 오직 측정에 의해서만 알 수 있습니다.
- 라돈은 어디에나 존재합니다.
- 실내 라돈 농도는 건축물의 구조, 연식에 상관없습니다.
- 라돈이 공기보다 8배 무거운 기체이지만, 바닥으로 가라앉지 않습니다.
- 라돈이 실내로 유입되는 대부분의 이유는 실내와 토양의 공기 압력차이 때문입니다.
 - 각종 배기, 환기 시스템, 온돌효과, 외부의 찬 기온, 바람, 바닥아래 각종 덕트시설
- 실내 라돈 농도는 저감할 수 있습니다.
 - 미국의 경우 약 90%의 주택에서 148Bq/m³ 이하로 저감되었습니다.

라돈의 이해

국내 라돈 관리 현황 : 실내 공기질 관리법(시행 2016.12.23)

•다중이용시설, 신축되는 공동주택 및 대중교통차량의 실내공기질을 알맞게 유지하고 관리함으로써 그 시설을 이용하는 국민의 건강을 보호하고 환경상의 위해를 예방함을 목적

구분	다중이용시설(현행과 동일)	공동주택(신설)
권고기준	148Bq/m ³	200Bq/m ³
관리 사항	실내라돈농도 1회/2년 측정	입주 개시 전 실내라돈농도 측정
	측정결과 제출	측정결과제출및 게시판 등에 공고

* 다중이용시설 : 불특정 다수인이 이용하는 시설로 지하역사, 의료기관, 대규모점포, 영화관 등 21개 시설군 관리중 ('15.12월 기준)

** 공동주택 : 100세대 이상 아파트, 기숙사, 연립주택을 말함

측정 방안

측정방안

라돈 측정기기 및 특징

구분	측정 방법	특징	비고
수동형	알파비적검출법 (알파트랙, 라듀엣 등)	알파입자의 비적 분석	주시험법, 장기측정 낮은 농도에서 정확도가 낮음
	충전막 전리함법 (이팜 등)	알파입자에 의한 이온화 전압값 분석	단기측정, 장기측정,
	활성탄흡착법 (활성탄캐니터스 등)	활성탄에 의해 흡착되어 생성된 자핵종에 대한 감마선 분석	단기측정, 습도에 민감, 최종 12시간의 농도에 영향
능동형- 연속측정	섬광셀 검출법 (RGM-3, GRC 등)	알파 입자 반응 섬광 증폭 검출	부시험법
	이온화챔버 검출법 (RadStar, ATOMS-12D 등)	알파 입자에 의한 이온화 전기 신호 이용	
	실리콘 검출법 (Rad7, RTM1688-2 등)	알파 입자의 실리콘 반도체 이용 검출	

※ 단기 측정 : 2~90일, 장기측정 : 90일 ~ 1년

※ 저감, 진단 개선 목적 : 단기/장기, 국가 단위 실태 조사 : 장기측정, 건강영향평가 : 장기측정

측정방안

라돈 측정 조건 - 단기 측정

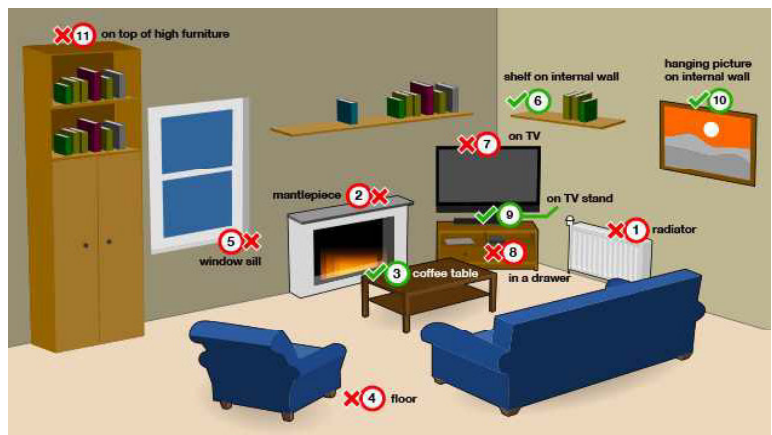
- 테스트 시작 **12 시간 전 밀폐 상태 유지**
 - 환기나 기타 외적변수로 인해 라돈과 라돈자핵종의 비율 변화가 안정화되는데 필요한 시간
 - 일상생활에 필요한 방문을 여닫거나, 외부출입은 무방
- **48시간의 측정은 라돈 농도 파악을 위한 최소한의 시간임**
- 실내와 실외의 공기를 교환하는 모든 장치 끄기(환풍기, 창문형 에어컨)
- 7 일 이상 90일 까지의 단기측정인 경우 냉난방 시스템을 작동 가능
- 7일 미만 단기 테스트기간동안 폭풍우, 강한 비바람이 있는 경우 재측정
- 주거패턴이 바뀌거나 내부수리 시 다시 측정

→ **모든 단기 측정에 적용**, 장기 측정은 일상 생활과 동일한 조건으로 진행

측정방안

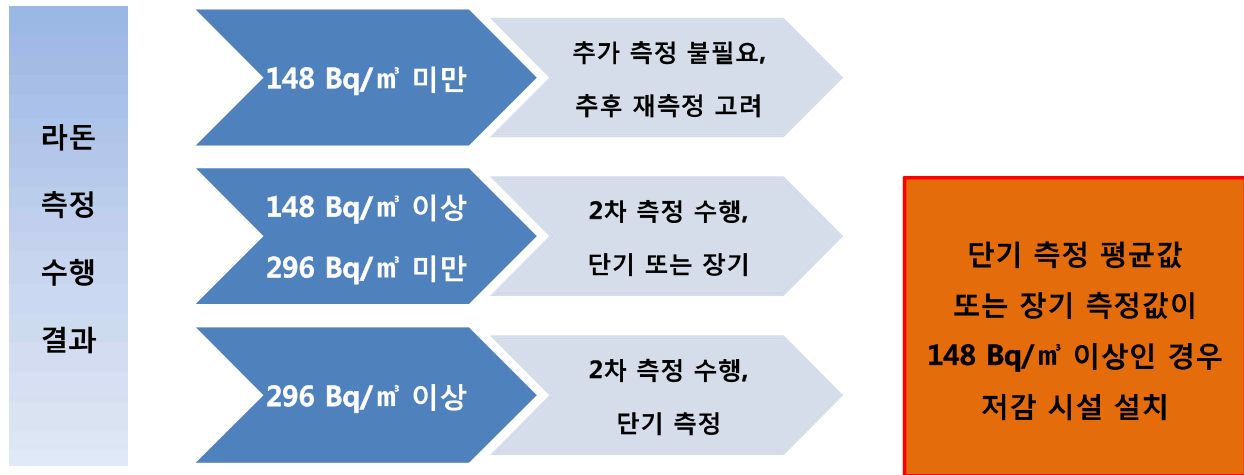
측정기 설치 위치

- 바닥에서 최소50cm이상 높이를 유지
실내에서 천장과 바닥의 농도차이는 약 10% 정도
- 측정기를 공중에 설치하는 경우, 최적의 높이는 바닥에서 90cm ~ 180cm
- 주위 10cm 이내에 물체가 없는 장소 선정
- 창문이나 문에서 90cm 이상 이격
- 건물 외벽 30cm 이상 이격
- 물건 밑에 설치 금지



측정방안

측정 결과에 따른 조치 - 미 환경청 기준



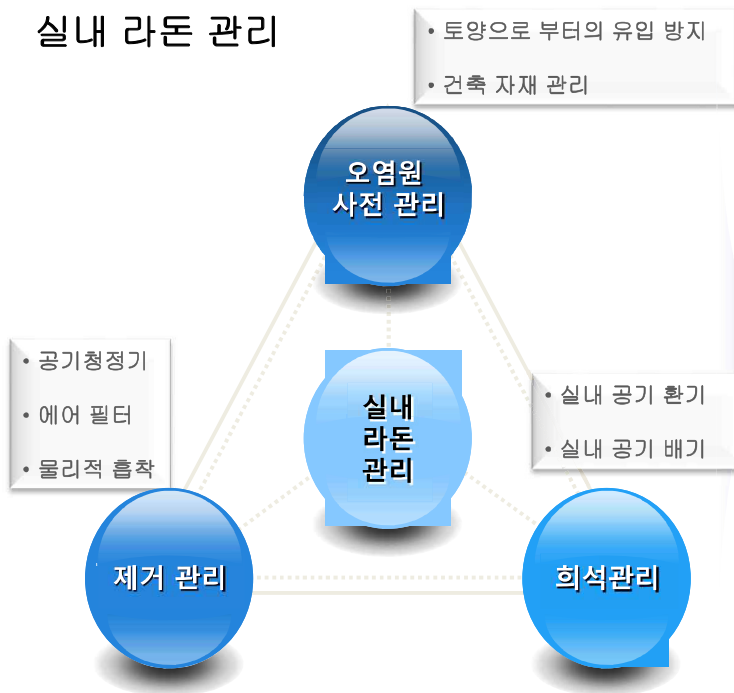
※ 재측정은 반드시 이전 측정한 곳과 같은 장소에서 수행

※ 각각의 측정값이 2배 이상 차이 나는 경우 재 측정 진행

저감 방안

저감방안

실내 라돈 관리



• 라돈은 불활성 기체로 화학 반응을 통해서 제거 불가

• 일부 필터(활성탄)를 활용하는 방법은 효과 미비(활성탄은 라돈의 흡탈착을 반복, 습기에 영향을 받음)

• 실내 공기 배기를 통한 일시 저감 (외부로 빠져 나가는 만큼의 공기가 토양으로부터 유입, 열손실 발생)

토양으로 부터의 실내 유입 방지가 실내 라돈을 관리하는 최선의 방법 !!

→ **Soil Depressurization**
 - Active type
 - Passive type

저감방안

신축 건물 라돈 저감 효율

라돈 저감 공법별 효율-미국

방법	저감 효율(%)	비고
능동형 토양 배기법	50-99	바닥아래 공기이동이 유용하면 최적방안
수동형 토양 배기법	30-70	겨울철에 더 효과적 능동형에 비해 효과 낮음
바닥아래 뜬공간 환기	0-50	가격이 가변적임
자연환기	변동/일시적임	심각한 열손실 발생, 환기량에 따라 운영비 변동
열교환방식 환기	변동	환기량에 따라 효과 제한

라돈 저감 공법별 효율-유럽

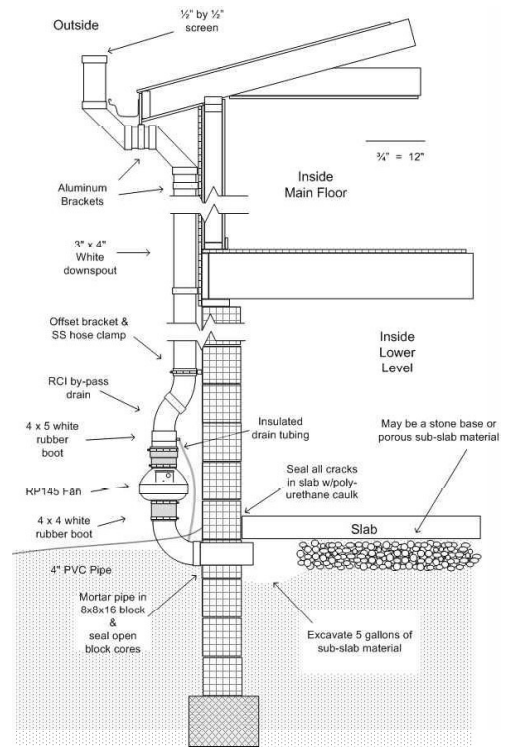
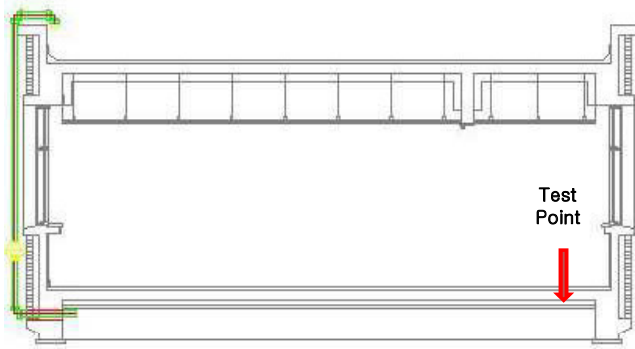
방법	저감 효율(%)	에너지 소모
수동형 토양 배기	20-50	무시
능동형 토양 배기	70-95	무시, 팬 전력 70W
바닥면 위 라돈차단막	30-70	외기 유입 차단으로 인한 에너지 절감 효과 발생 가능
바닥면 아래 라돈차단막	30-70	

저감방안

기존 건물 라돈 저감-토양 배기법

설계 단계에서 필요한 라돈팬의 부하압력·풍량을 사전에 결정하여 가장 효율적인 라돈팬을 선택하는 음압테스트를 통해 라돈을 기준치 이하로 저감

<라돈저감장치 설계 적합도 선정시스템과 그 선정방법 : 1016065520000>

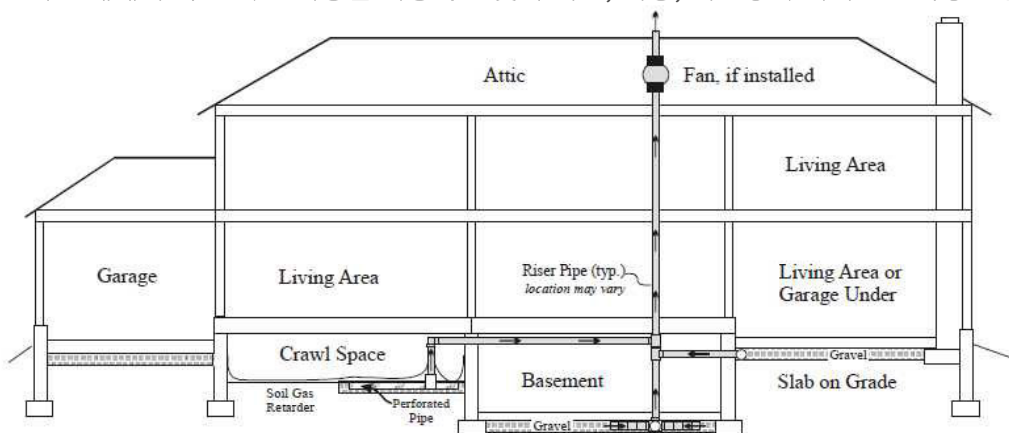
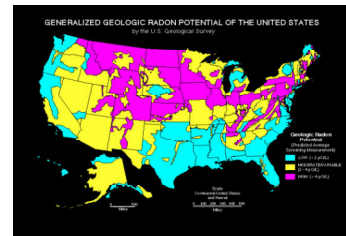


< Sub-slab depressurization >

신축 건물 라돈 저감

신축 건물 라돈 저감

- 실제 토양 중 라돈 함량 및 토양의 특성에 따라 건물 내 라돈 농도에 영향을 미치는 정도가 다름
- 건물 건축 단계에서 라돈 저감 시공을 적용하는 것이 저감, 비용, 미관상의 목적으로 가장 효율적



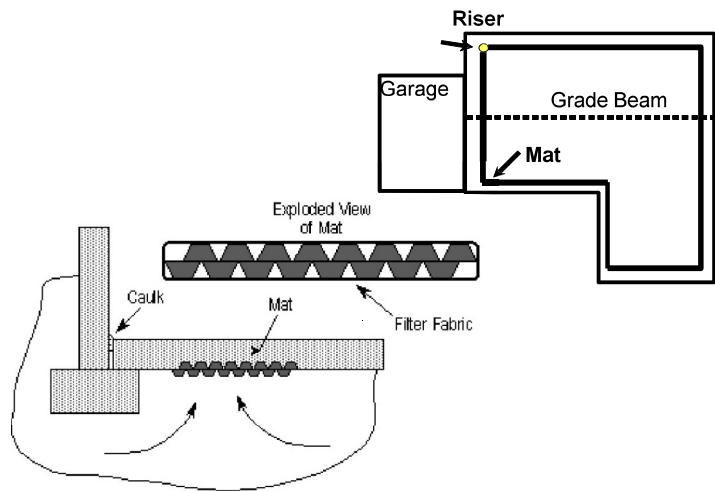
< 기초 형태에 따른 ASD 라돈 저감 시공 예 >

<출처, ANSI/AARST, RRNC 2.0 Reducing Radon in New Construction

신축 건물 라돈 저감

RDR Mat

- 건물 바닥 하부에 시공하여 토양가스 및 라돈이 pipe riser로 쉽게 이동할 수 있는 조건을 형성
- Egg-crate (격자모양의 계란 포장 용기) 형태의 matrix - 공기흐름 확보
- Geotechnical cloth로 싸여 있어, 공기는 통하게 하나, 젖은 콘크리트가 스며드는 것을 방지

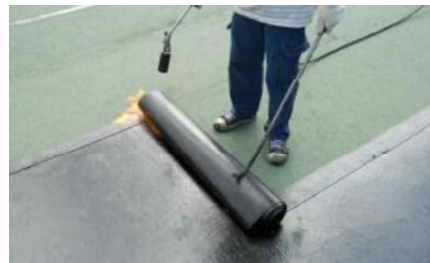


radon Dr.
www.radondr.co.kr

신축 건물 라돈 저감

RDR Membrane

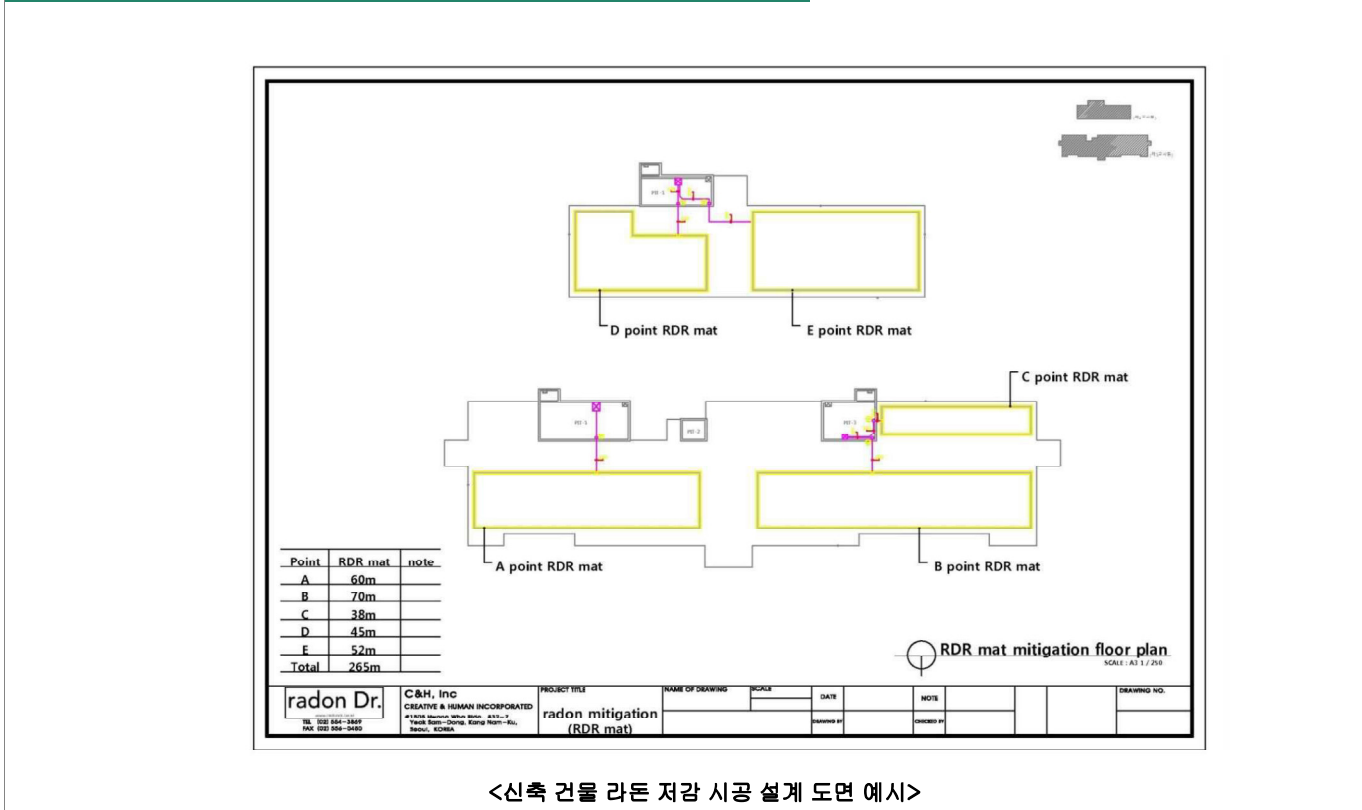
- 기초 또는 건물 바닥면에 시공하여 토양가스 및 라돈, 습기의 실내 유입을 차단.
- Bitumen, 폴리프로필렌, 알루미늄 strip, 유리섬유로 구성됨



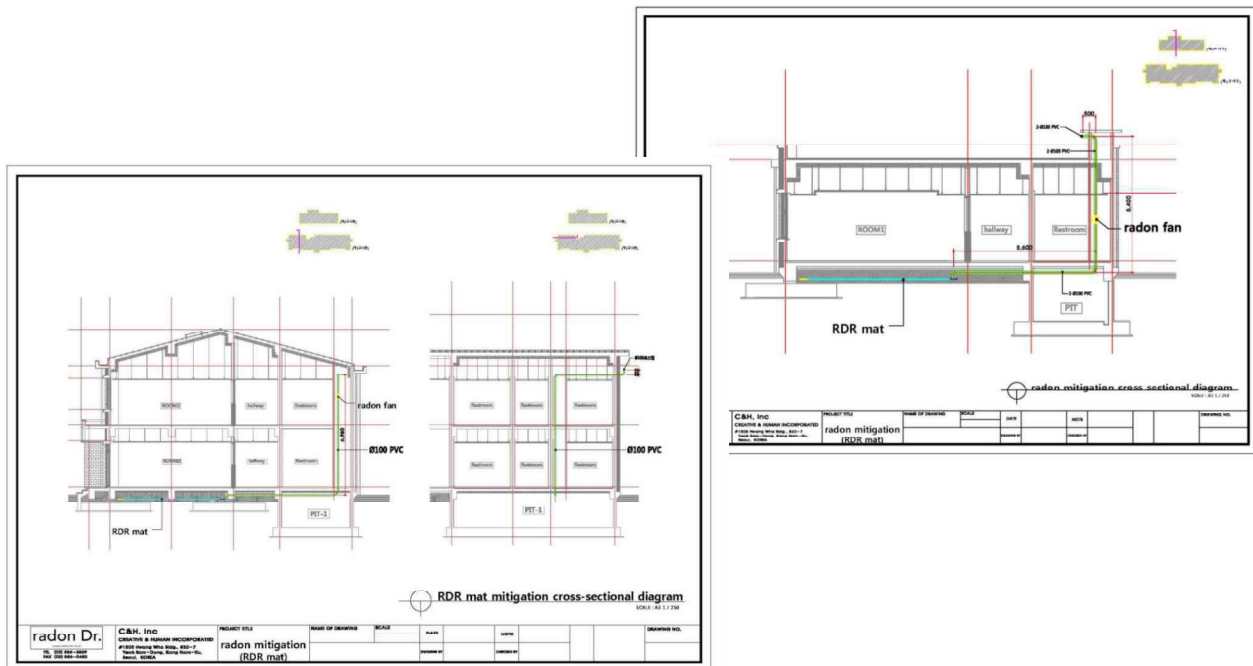
radon Dr.
www.radondr.co.kr

저감 사례

저감 사례



저감 사례



<신축 건물 라돈 저감 시공 설계 도면 예시>

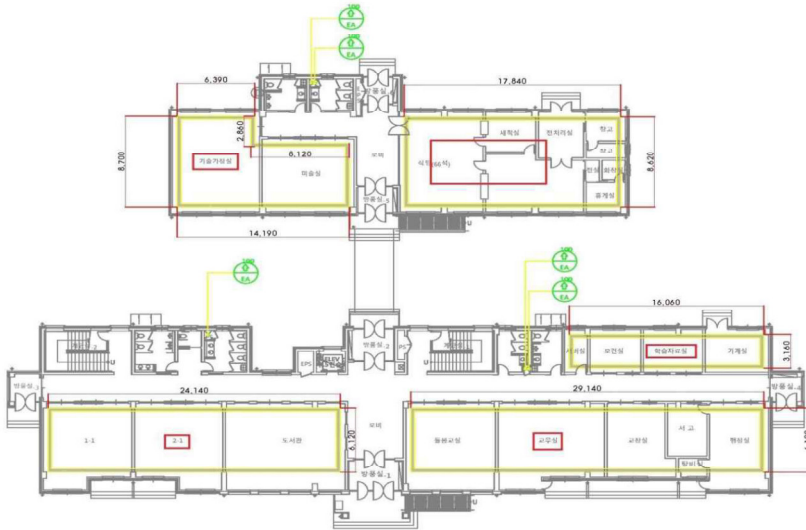
저감 사례



<신축 건물 라돈 저감 시공 설계 도면 예시>

저감 사례

Radon concentration



Radon reduction efficiency (%)

기술 가정실	식당	2학년1반	교무실	학습 자료실
74.6	71.3	81.7	83.5	85.1



The 2017 International Radon Symposium

저감 사례



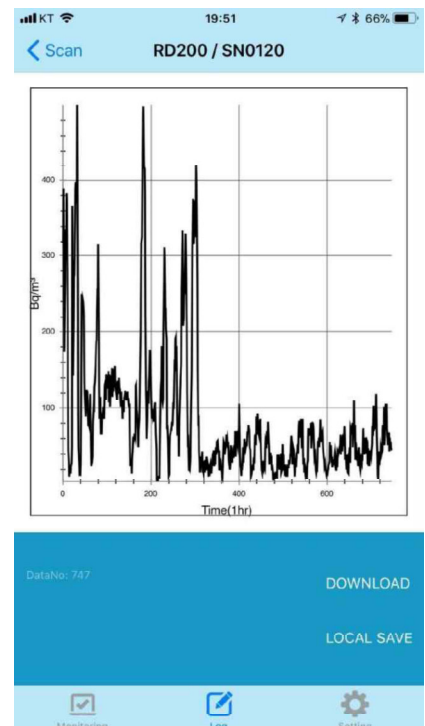
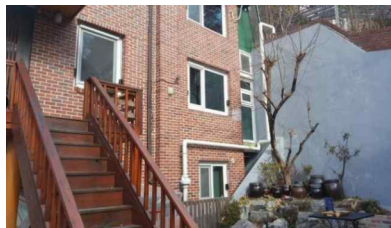
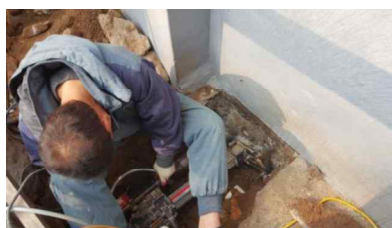
<신축 건물 라돈 저감 시공 예시>

저감 설계 도면



<신축 건물 라돈 저감 시공 예시>

저감 사례



저감 사례



radon Dr.
www.radondr.co.kr

저감 사례



radon Dr.
www.radondr.co.kr



라돈 정기점검 분석 결과 후속조치

충남교육청

1. '라돈'이란?

- (물성) 토양, 암석 중에 천연적으로 존재하는 우라늄이 몇 단계 방사성 붕괴를 거듭한 후 생성되는 무색, 무취의 가스상 물질
- (발생원) 대지, 암석(화강암, 변성암 등), 토양, 건축자재(석고보드, 콘크리트, 황토) 등
- (관리기준) 148Bq/m^3 ** 베크렐 Bq/m^3 : 방사성물질 국제표준단위

2. 추진배경

- '학교보건법 시행규칙' 개정('16. 9. 1.)에 따라 '17년 이후 전국 모든 학교를 대상으로 1층 이하교실에 대한 교실 내 공기 중 라돈 점검* 의무화

* 수동모니터링법으로 90일 이상 측정하고, 측정결과가 600Bq/m^3 이상인 경우 2차 정밀측정(3~5일 시간대별 연속측정) 실시(학교의 여건에 따라 정밀측정만 실시 가능)

- 교사 내 공기 중 라돈 정기점검 결과 1,086교 중 정밀측정 대상기준인 600Bq/m^3 을 초과한 학교는 없으나, 144교(13.3%)에서 적극적 환기를 해야 하는 기준인 148Bq/m^3 을 초과하여 학교 내 라돈관리 강화를 위한 대책 마련 필요

※ 라돈은 토양, 암석 중의 우라늄이 붕괴되면서 생성되는 무색·무취의 가스 상 물질이며, 공기보다 무거워 밀폐된 공간의 경우 쉽게 노출

3. 라돈 측정 결과

○ 수동모니터링 측정 현황

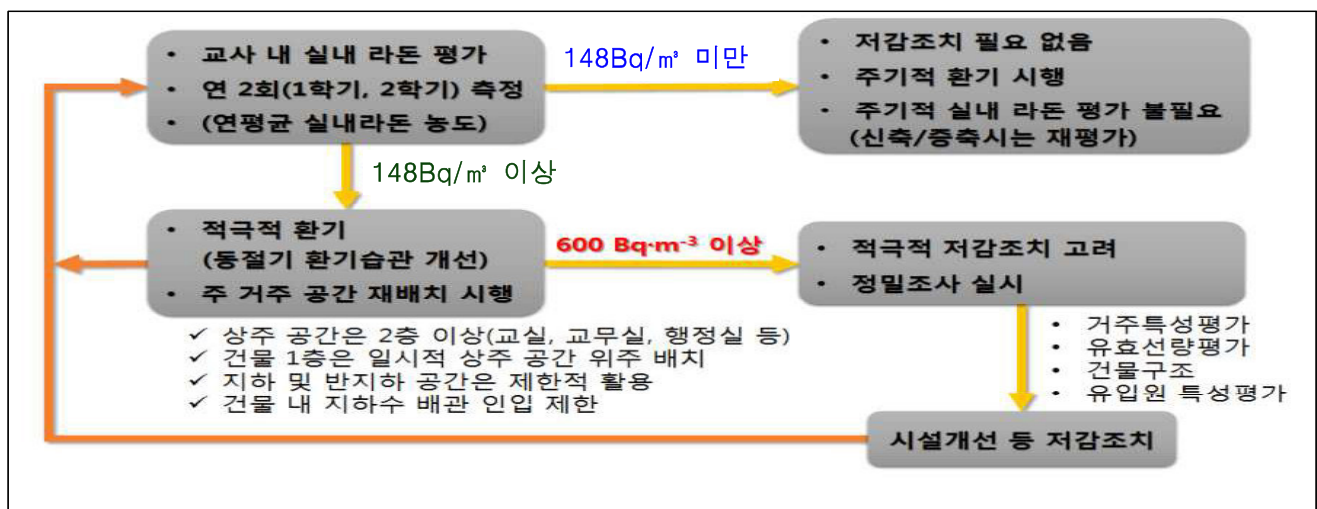
(단위: 교)

구분	측정 학교	측정 지점	유지기준 초과 학교현황					라돈측정결과 (유지기준: 148 이하)	
			학교수	초과 지점	초과교실			149~400	401~600
					일반 교실	특별 교실	관리실		
유	353	374	40	40	38	-	2	39	1
초	419	503	55	57	39	11	7	56	1
중	189	371	34	45	4	16	25	44	1
고	117	230	15	17	3	4	10	17	0
기타	8	16	-	-	-	-	-	-	-
소계	1,086	1,494	144	159	84	31	44	156	3

○ 라돈 농도가 높은 144교 모두 600Bq/m³ 이하로 적극적 환기를 통해 실내 공기질 개선 가능

※ 학교의 경우 하교 이후 야간대의 농도가 상대적으로 높아져 하루 일과 전 창문 환기를 통해 밤사이 축적된 라돈 농도 감소 가능

<교사 내 라돈관리 기준>



- 방사성물질의 발생 농도가 높은 것으로 알려져 있는 화강암 지반대에 위치한 지역이(강원, 충북, 충남, 전북 등) 상대적으로 많이 검출되는 것으로 추정

4. 향후 추진계획

- 각급 학교에서 라돈 관리 요령 준수[체육인성건강과-3647(2018. 2. 27.)]
- 학생이 상주하는 교실을 대상으로 라돈 재측정 예정(4월~6월, 9월~11월)

교사(校舍) 내 라돈관리 요령

충남교육청

라돈의 이해

- 라돈은 토양, 암석 등에 존재하는 우라늄이 붕괴되면서 생성된 무색·무취의 가스 상 물질로서 공기보다 무거워 지표 가까이에 존재함에 따라 밀폐된 공간의 경우 쉽게 노출

※ 학교의 경우 교사 내 공기 중 라돈 유지·관리기준 : 148Bq/m^3

* Bq/m^3 (베크렐) : 1초에 방사성 1개가 핵에서 1번 방출되는 것 즉 1초 동안 방사성 붕괴가 일어나는 양

- OECD 평균 실내 라돈농도(39Bq/m^3)에 비해 국내 학교의 평균 실내 라돈농도(98Bq/m^3)는 상대적으로 높은 것으로 평가('09. 환경부*)

* 환경부가 국내 라돈지도 작성을 위해 전국 표본 건축물(학교 661, 관공서 339)을 선정·조사한 결과 연평균 라돈농도가 학교는 98Bq/m^3 , 관공서는 51Bq/m^3 로 각각 조사됨

<자연방사선 피폭 형태 및 비율>

- 라돈으로부터 받는 피폭이 전체 자연 피폭의 약 50% 이상을 차지함
- 실내 공간 내 라돈 농도는 건물이 위치하는 지역의 지질학적 특성, 건물의 구조적 특성, 환기 습관 등에 따라 매우 달라질 수 있음



라돈의 유입경로

- 건물 내 라돈 유입원은 토양, 건축자재, 지하수 등으로 구별되는데 주로 건물 하부 토양(지반)에서 유입
- 지반 암석이나 토양에서 생성된 라돈은 건물 하부의 미세한 틈을 통하여 실내로 유입
- 건축 자재 및 지하수에 포함된 라돈에 의해 농도를 증가시킬 수 있으나 토양(지반)으로부터 건물 하부를 통해 유입된 것에 비하면 미미



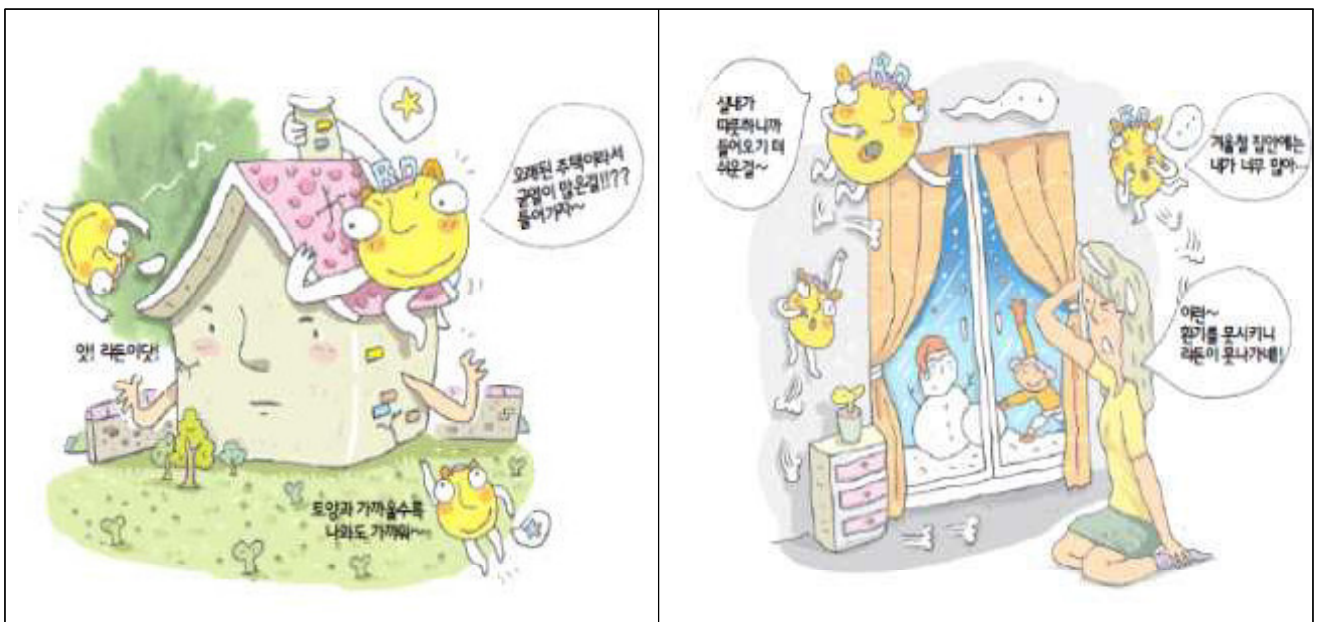
라돈 농도가 높은 경우

○ 지은 지 오래된 단독주택이 더 위험

- 라돈은 ①토양과 인접한 단독주택이나 ②바닥과 벽 등에 균열이 많은 오래된 건축물 ③밀폐도가 높고 ④환기가 잘 되지 않아 유입된 라돈이 잘 빠져나갈 수 없는 실내에서 농도가 높음
- 반면, 고층 아파트나 빌딩 등은 통양 라돈의 실내 유입 가능성이 낮아 상대적으로 농도가 낮음

○ 화강암 지역, 겨울철이 더 높아

- 라돈 농도는 지역이나 계절에 따라 차이를 보이는데, 주로 화강암이 넓게 분포된 지역에서 높게 나타남
- 겨울철에는 토양과 실내의 온도차로 라돈의 유입이 높고 환기율이 낮아 실내농도가 더욱 높게 나타남



교사 내 실내 라돈 측정방법

- 라돈 측정기는 수동형 측정기와 능동형 측정기가 있으며, 측정기의 종류에 관계없이 유사한 결과를 보여줌
- 학교 교실 중 지하교실을 원칙으로 측정하나, 지하교실이 없는 경우 1층 교실 측정
- 장기측정방법인 수동형 측정기로 연1회 90일 이상 측정
(4월~6월, 9월~11월 중 선정)

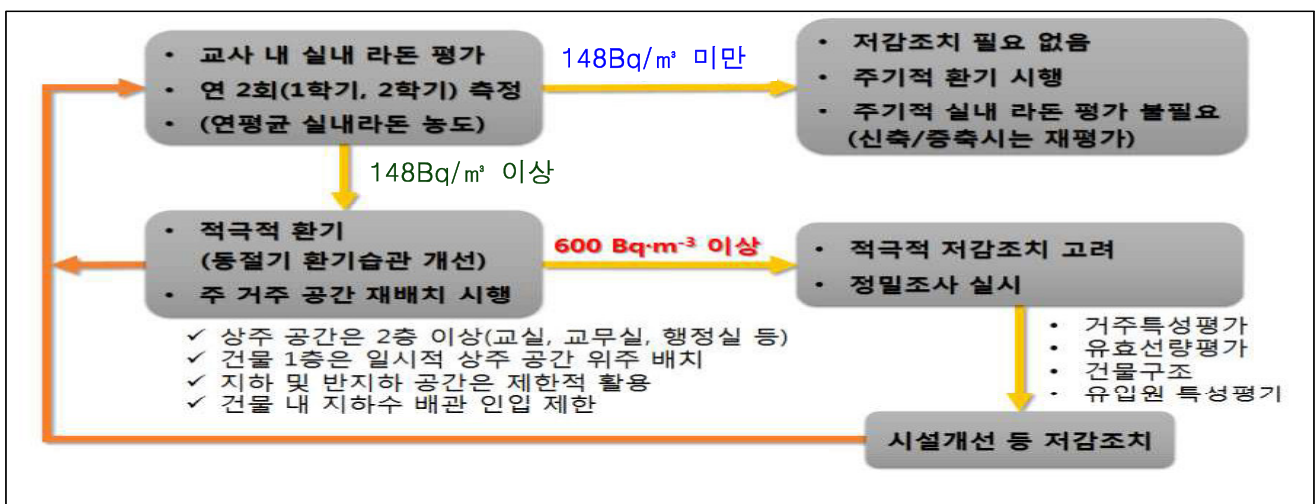
수동형 라돈 검출기 종류의 예

알파비적검출			활성탄흡착		충전막 전리함
알파트랙 Alpha Track	래드트랙 Radtrak	라듀엣 Raduet	활성탄 캐니스터 Charcoal Canisters	활성탄 Charcoal	이펄 E-Perm
					
대한민국	미국	헝가리	미국	미국	미국

교사 내 라돈 측정결과에 따른 후속조치

- 교사 내 라돈 측정결과 148 Bq/m^3 이상일 경우 적극적 환기 및 교실 재배치 등을 통해 라돈 저감 조치 필요
- 특히, 교사 내 라돈 농도가 600 Bq/m^3 이상일 경우에는 정밀조사를 통한 시설 개선 및 강제 환기장치 설치 등 적극 고려

<교사 내 라돈관리 기준>



라돈 노출 저감을 위한 조치방안

- 실내 라돈 농도의 연평균 값이 148 Bq/m^3 을 초과하는 학교의 경우 우선적으로 주 상주 공간의 재배치 적극 고려
 - ※ 일반적으로 1층 공간이나 반 지하공간을 제외하고 건물의 2층 이상의 공간에서는 실내 라돈 농도가 현저하게 떨어지는 특징을 갖고 있음
- 적극적인 환기습관의 개선과 더불어 학생이나 교직원이 상주시간이 긴 공간(교실, 교무실, 행정실 등)은 2층 이상으로 배치하고 상주시간이 상대적으로 적은 공간(과학실, 컴퓨터실, 미술실, 음악실 등)은 1층으로 배치
 - ※ 1층 건물인 경우 적극적인 환기 습관 개선 조치(하루 일과 전 창문환기 준수)
- 특히, 지하나 반 지하 공간은 실내 라돈농도가 상대적으로 높거나 환기의 어려움이 예상 되는 바, 제한적 용도로 활용할 것을 권고

<교사 내 라돈 저감방법 및 고려사항>

- ☞ 실내 라돈의 주 유입원은 건물 하부의 토양 공기에 포함되어 있는 라돈이 유입되는 것이므로, 라돈의 저감은 토양 공기의 유입을 차단하는 것에 중점
- ☞ 저감 설비가 설치·운영된 이후라 하더라도 라돈이 완벽하게 제거되는 것은 아니기 때문에 설비에만 의존해서는 아니 되며 주기적인 환기를 통해 유입된 라돈을 실외로 배출하는 것 또한 중요
 - ※ 설치 후 저감 설비에만 의존하여 환기를 전혀 시행하지 않아 실내 라돈 농도가 설치 이전에 비해 오히려 증가되는 사례도 있는 바, 환기습관을 유지하는 것이 무엇보다도 중요
- ☞ 그 외 토양 공기의 유입을 차단하는 방법으로는 건물 바닥의 균열 또는 틈새 밀봉, 건물 하부에 라돈 선프(빈 공간) 설치, 건물 내 양(+)압 유지 등이 있음

참고

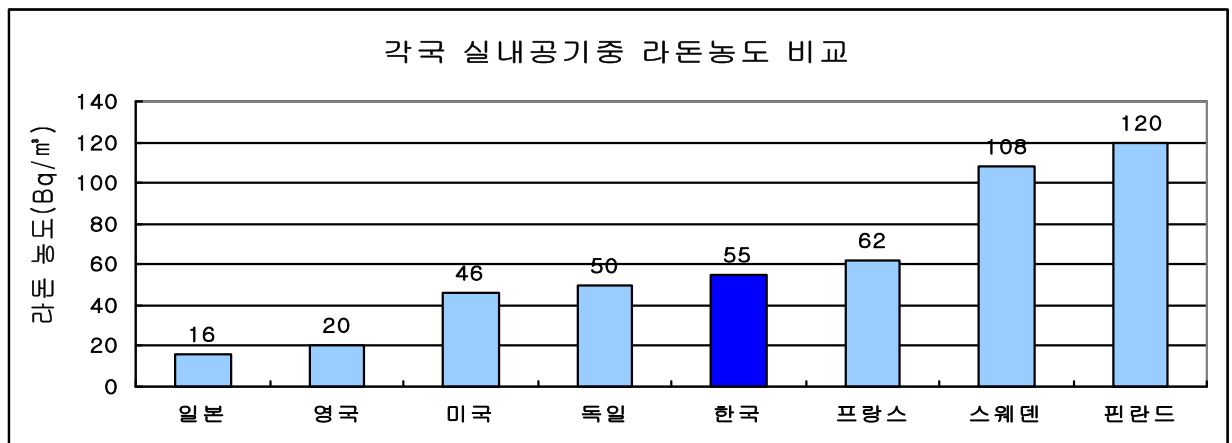
라돈 설명자료

□ 라돈의 물성

- 라돈은 토양, 암석 중에 천연적으로 존재하는 우라늄(^{238}U)이 몇 단계 방사성 붕괴를 거듭한 후 생성되는 무색·무취의 가스상 물질
- 화학적으로 불활성이며, 이동성이 크고, 공기보다 9배 무거워 지표 가까이 존재하며, 인간에게 쉽게 흡입 가능

□ 라돈의 발생 및 농도현황

- 라돈의 주요 발생원은 대지, 암석(화강암, 변성암 등), 토양, 건축자재(석고보드, 콘크리트, 황토) 등임
- 실외 라돈농도는 연평균 약 $10\text{Bq}/\text{m}^3$ 이며, 대양보다 대륙이 훨씬 높음
- 주거내 라돈농도는 국가별로 $12\sim 140\text{Bq}/\text{m}^3$ 로 다양
 - 우리나라는 $55\text{Bq}/\text{m}^3$ ($\approx 1.5\text{pCi}/\text{L}$)로 일본·영국보다 높고, 미국·프랑스와 비슷, 스웨덴·핀란드 보다는 낮음(한국원자력안전기술원, 2005)



□ 라돈에 의한 인체 노출

○ 가장 높은 라돈노출은 공기 중으로부터의 흡입

- 건물 바닥이나 지하실 벽의 갈라진 틈을 통해 실내환경으로 유입

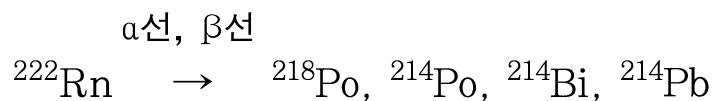
○ 식품이나 물로 섭취가 가능하나, 고농도 노출가능성은 낮음

- 물에서 쉽게 증발하고 식품 중 농도는 낮은 것으로 평가

□ 라돈의 유해성

○ 흡연 다음으로 중요한 폐암 원인 (미국 EPA 인체발암물질)

- 기체상(반감기 3.8일)으로 실내공기에 유입시 폐에 흡입
- 라돈의 붕괴생성물인 폴로늄(^{218}Po , ^{214}Po)은 먼지 등에 잘 흡착되며, 폐에 흡입된 후 붕괴하면서 알파방사선을 방출하여 폐조직을 손상



□ 라돈 노출에 대한 예방 및 대처방안

▶ 잦은 환기를 통해 실내공기 중 라돈의 축적 방지

▶ 토양, 지반 등으로부터 발생한 라돈의 실내공기 유입 차단

- 라돈 침투를 줄일 수 있는 시공방법 및 건축 구조 활용
- 건물 바닥 및 벽체의 균열 등 노후화된 건물에 대한 라돈 차폐 시공

▶ 라돈 방출을 줄일 수 있는 건축자재 등의 선택

최근 국내 실내라돈 조사 연구 사례

순천향대학교 환경보건학과 이종대 교수

표 1. 2016년 충남소재 보육시설 라돈 조사 현황(순천향대학교)

지역	라돈(Bq/m ³)
천안(n=60)	27.75 ± 18.39
공주(n=9)	37.33 ± 17.07
보령(n=7)	21.00 ± 12.70
아산(n=58)	36.47 ± 19.54
서산(n=11)	38.00 ± 21.65
논산(n=60)	27.33 ± 22.02
계룡(n=6)	40.33 ± 23.04
당진(n=18)	27.00 ± 12.44
금산(n=5)	47.60 ± 22.31
부여(n=4)	79.50 ± 37.08
서천(n=60)	30.75 ± 17.75
청양(n=4)	42.75 ± 28.16
홍성(n=5)	75.00 ± 44.87
예산(n=5)	66.80 ± 32.57
태안(n=2)	39.50 ± 9.19

전국 주택 라돈 조사(2015-2016)

환경기반연구부 생활환경연구과(국립환경과학원)

<Tabel 3> Indoor radon concentration at home in korea (unit : Bq/m³)

	N ¹⁾	A.M. ²⁾	G.M. ³⁾	Median	Maximum
Survey in '15~'16 (winter season)	7,940	95.4	68.1	63.1	1,639.2
survey in '13~'14 (winter season)	6,648	102.0	74.9	68.0	1,936.6

<Tabel 4> Indoor radon concentration at home by an administrative district

(nit :Bq/m³)

District	N	A.M. ¹⁾
전국	7,940	95.4
강원도	488	149.7
경기도	789	85.2
경상남도	730	83.1
경상북도	713	98.5
광주광역시	324	94.3
대구광역시	465	105.3
대전광역시	296	111.8
부산광역시	584	64.1
서울특별시	479	83.1
세종특별자치시	34	103.8
울산광역시	291	64.1
인천광역시	349	76.0
전라남도	530	94.4
전라북도	475	117.0
제주특별자치도	164	68.9
충청남도	642	102.6
충청북도	587	110.6

<Tabel 11> Indoor radon concentration at home in Chungcheongnam-do
(unit : Bq/m³)

District	N	A.M. ¹⁾	S.D. ²⁾
충청남도	642	102.6	102.3
계룡시	5	96.0	27.9
공주시	41	82.1	53.7
금산군	62	129.7	125.5
논산시	34	132.0	140.4
당진시	74	100.8	98.0
보령시	45	99.7	108.2
부여군	44	121.5	83.6
서산시	50	119.4	85.8
서천군	25	67.5	54.4
아산시	51	81.9	106.5
예산군	44	114.5	76.6
천안시	61	88.5	76.5
동남구	32	82.0	54.7
서북구	29	95.8	95.4
청양군	20	133.9	255.8
태안군	41	86.5	86.0
홍성군	45	82.4	43.0

<Tabel 22> Indoor radon concentration by house types (unit : Bq/m³)

Year	Type	N ¹⁾	A.M. ²⁾ (unit : Bq/m ³)
'15~'16	Detached house	6,509	102.7
	Multi-family house	1,431	62.3
'13~'14	Detached house	3,440	134.1
	Apartment	1,613	56.0
	Multi-family house	1,595	79.2

1. 전국 주택 실내의 겨울철 평균 라돈 농도는 95.4Bq/m³으로 조사되었으며 ‘실내공기질 관리법’ 상의 신축 공동 주택 실내라돈 권고기준 200Bq/m³ 대비 초과율은 93.3%였다.

2. 지역별 농도분포는 강원도가 평균농도 149.7Bq/m³로 가장 높게 나타났으며, 전라북도(117.0Bq/m³), 대전광역시(111.8Bq/m³), 충청북도(110.6Bq/m³), 순으로 높은 실내 라돈 농도를 나타내었다. 반면, 부산시(64.1Bq/m³), 울산시(64.1Bq/m³)는 라돈 농도가 상대적으로 낮게 나타났다.

3. 주택 유형별로는 토양의 영향을 많이 받는 단독주택의 실내 라돈 농도가 102.7Bq/m³로 나타나, 연립/다세대 주택의 62.3Bq/m³에 비해 평균적으로 라돈 농도가 높은 것으로 조사되었다.

J. Odor Indoor Environ

Vol.15, No.2, pp.93-99, June 2016

단독주택 실내 라돈농도에 영향을 미치는 환경인자 분석

Tabel 1. Indoor radon concentration in detached house

Division		Result
Radon detector	Target, N	3,401
	Clection,N	2,805
Detached house	A.M. ¹ ±S.D. ² , Bq/m ³	147.9±154.4
	G.M. ³ ±G.S.D. ⁴ , Bq/m ³	106.4±2.2
	Median, Bq/m ³	100.4
	Maximum, Bq/m³	1,936.6

¹A.M.: arithmetic mean, ²S.D.: standard deviation, ³G.M.: geometric mean, ⁴G.S.D.: geometric standard deviation

이와같이 단독주택 내 라돈농도는 아파트 49.4Bq/m³ (n=1,613, AM=56.0Bq/m³) 및 연립다세대 66.0Bq/m³ (n=1,595, GM=79.2Bq/m³)(NIER, 2014)의 실내 라돈농도보다 높은 수준이다.

Tabel 2. Indoor radon concentration in detached houses by an administrative district

District	N	A.M. ¹	S.D. ²	Min ³	Max ⁴	G.M. ⁵
Gangwon	211	175.2	189.7	25.0	1431.2	121.3
Gyeonggi	248	167.6	166.3	26.3	1165.2	124.1
Gyeongnam	200	133.8	142.6	13.5	1000.8	95.6
Gyeongbuk	328	128.9	134.3	20.1	1170.3	93.1
Gwangju	125	145.5	103.8	19.9	603.9	118.6
Daegu	107	146.2	139.9	14.4	988.0	104.7
Daejeon	68	173.1	114.9	28.7	648.0	144.7
Busan	141	82.6	78.5	11.8	643.5	63.0
Seoul	85	171.5	244.2	19.7	1455.3	101.8
Sejong	59	118.5	83.0	19.0	397.0	95.6
Ulsan	73	109.4	101.7	14.7	527.7	78.4
Incheon	92	148.3	121.9	25.0	586.6	111.4
Jeonnam	310	134.2	131.2	19.8	1151.1	99.0
Jeonbuk	262	169.7	193.9	20.4	1936.6	123.6
Jeju	62	131.0	153.6	18.3	812.5	88.4
Chungnam	249	155.4	148.7	17.3	1089.2	116.4
Chungbuk	185	182.6	182.0	31.6	1284.3	131.6
Total	2805	147.9	154.4	11.8	1936.6	106.4

¹A.M.: arithmetic mean, ²S.D.: standard deviation, ³Min : Minimum, ⁴Max : Maximum, ⁵G.M.: geometric mean,

J. Odor Indoor Environ

Vol.13, No.3, pp.215-222, September 2014

충남 일부지역 초등학교의 실내 라돈농도에 관한 연구

Tabel 2. Indoor radon concentration by construction year in the living area
(unit : Bq/m³)

	N	AM
Downtown		
Before 1960	4	74.3
1960-1979	6	56.5
1980-1999	8	66.0
After 2000	6	43.6
Agricultural		
Before 1960	7	110.6
1960-1979	11	84.2
1980-1999	10	78.8
After 2000	2	63.7

Tabel 3. Indoor radon concentration by construction year at elementary schools
(unit : Bq/m³)

Construction year	N	AM
Before 1960	11	97.4
1960-1979	17	74.4
1980-1999	18	73.1
After 2000	8	48.6

Tabel 3. Indoor radon concentration by construction year at elementary schools
(unit : Bq/m³)

		N	AM
Flooring	Concrete	21	63.3
	Cement	33	82.2
Wall	Soil	5	52.0
	Concrete	39	70.0
	Cement	7	127.6
	Lumber	3	53.3

라돈(실내공기-토양, 원료물질, 지하수)

노 열

전남대학교 지구환경과학부

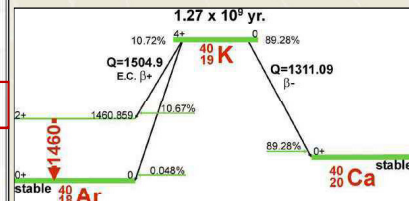
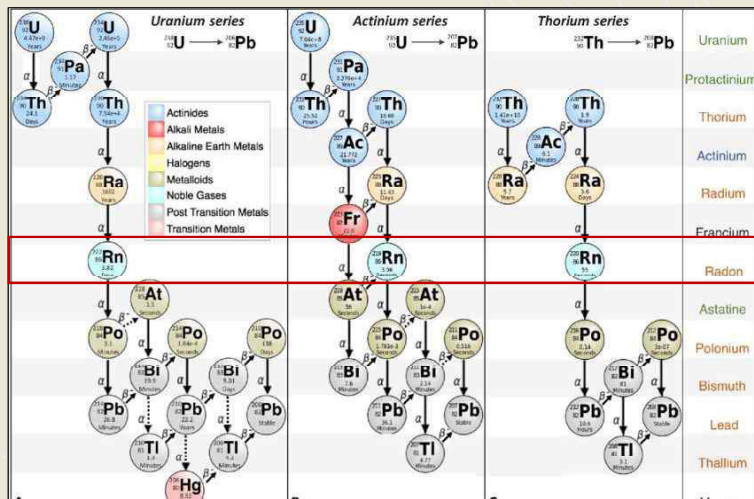
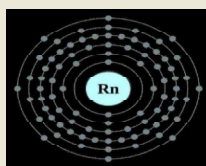
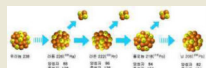
Contents

- 1 관리대상 주요해종과 법적근거
- 2 방사선량과 피폭
- 3 라돈의 위해성
- 4 실내 라돈 지도
- 5 실내 라돈 농도에 영향 인자
- 6 제언

● 관리대상 주요 천연 핵종

- $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ series (^{222}Rn), ^{232}Th series, ^{40}K

방사성
물질/라돈



생활주변방사선 안전관리법

● 법적 근거(1)

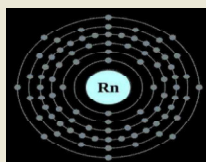
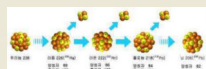
“생활주변방사선 안전관리법” 제정(2011.07.25)/ 시행(2012.07.26)

- 생활주변방사선 법적 정의
 1. 우주방사선: 태양 또는 우주로부터 지구대기권으로 입사되는 방사선
 2. 지각방사선: 지구표면의 암석 또는 토양에서 방출되는 방사선
 3. “원료물질”, “공정부산물” 및 “가공제품”에 함유된 천연방사성 핵종에서 방출되는 방사선
 4. 국내 또는 외국에서 수집되어 판매되거나 재활용되는 고철에 포함된 방사성물질에서 방출되는 방사선

- 부처별방사선안전관리(2016. 05 현재)

부처명	중점과제	부처별 주요 관련업무
해양수산부		■ 무역항 방사성감시기 위탁운영 지원
산업통상자원부	방사성오염물질 국내 유입 감시	■ 방사성 오염 재활고철 국내 유입 차단
관세청		■ 수입 공산품에 대한 세관 방사성 감시
국가기술표준원	생활주변 공산품 방사성 안전관리	■ 생활주변 공산품에 대한 안전성 조사 시 휴대용 방사능 측정기로 방사능 검출 여부 확인 병행
환경부		■ 실내공간의 지각방사성 물질(라돈 등) 안전관리 ■ 토양 주 천연방사성 물질 실태 조사, 안전관리 방안 마련 ■ 지하수 중 먹는물 천연방사성물질 함유실태 조사

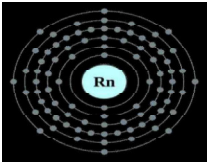
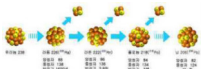
방사성
물질/라돈



● 법적 근거(2)

실내공기질 관리법 (실내공기질법) [시행 2018.6.13.] [법률 제15195호, 2017.12.12., 일부개정]

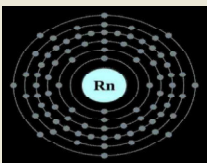
방사성 물질/라돈



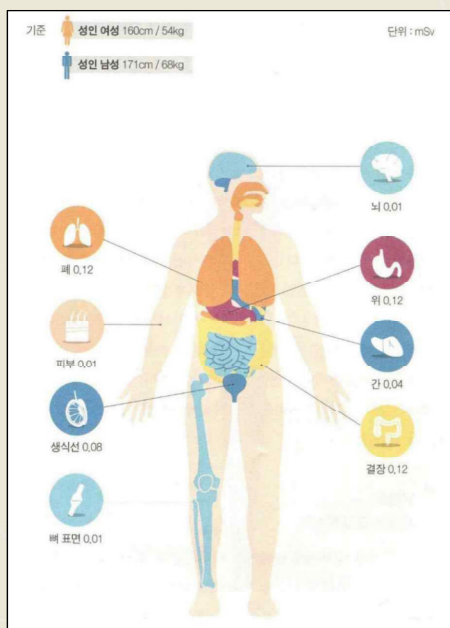
- 제11 조의2(실내라돈조사의 실시)
[실내공기질 관리법 시행규칙]-제10조의6(실내라돈조사의 공고)
- 제11 조의3(라돈지도의 작성)
[실내공기질 관리법 시행규칙]-제10조의7(라돈지도의 작성기준 등)
- 제11 조의4(라돈관리계획의 수립시행 등)
[실내공기질 관리법 시행령]-제9조(라돈관리계획의 보고)
- 제11 조의5(라돈저감공법의 사용 등 권고)
[실내공기질 관리법 시행규칙]-제10조의8(실내 라돈 농도의 권고기준)
- (다중이용시설) 실내라돈 권고기준(148 Bq/m^3)을 설정하고 1회/2년 자가측정 하도록 관리(실내공기질 관리법 제6조)
* 기준 초과시 시설운영자(또는 소유자)에게 환기를 자주 실시하도록 하고 환기만으로 라돈농도를 줄이기 어려운 경우 저감시설 설치를 권고
- (신축공동주택) 권고기준(200 Bq/m^3)을 설정• 관리(18.01 ~, 실내공기질 관리법 제9조)(11.07.25)
* 공동주택의 범위: 아파트 연립주택, 기숙사 등의 공동주택으로 200세대 이상인 시설
- (공동주택) 권고기준(200 Bq/m^3)을 설정• 관리(법 제11 조의5)
* 공동주택 및 신축공동주택의 실내 라돈 권고기준을 148 Bq/m^3 로 강화하는 실내공기질관리법 시행규칙 개정안 입법예고(18.06.27)

방사선량과 피폭

방사성 물질/라돈

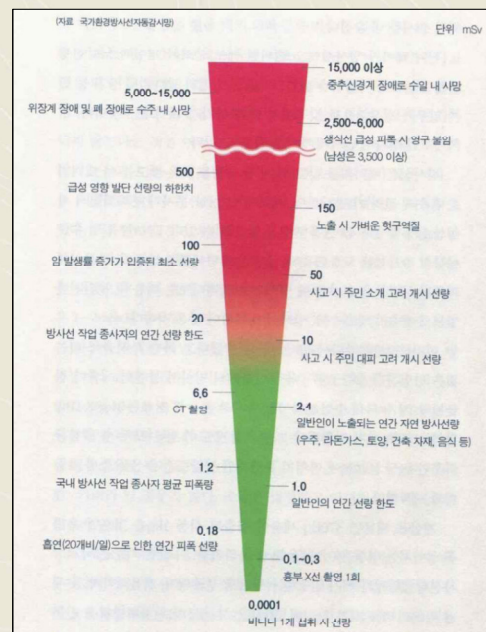


국제방사선방호위원회에서 권고한 방사선 가중치

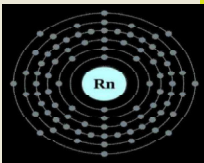
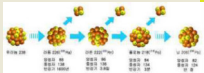


원호섭(2018) 과학, 그거 어디에 써 먹나요? 북클라우드

일상생활에서 접하는 방사선량과 피폭 된 방사선량에 따른 영향



방사성 물질/라돈



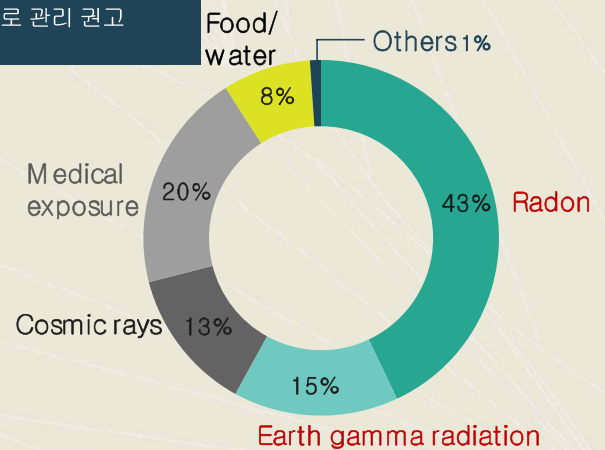
- 라돈과 지각 방사선에 의한 전세계 평균 피폭은 1.4 mSv. 일반인에 대한 이온화 방사선의 연간 피폭 제한치(1 mSv) 초과
- 고농도 지역에서는 연간 피폭량이 수십 mSv 이상인 경우도 있음
- 인공 방사선과 자연 방사선에 의한 영향은 동일
- ICRP103(2008)에서 자연 방사선을 기존피폭으로 관리 권고

ICRP 103

방사선 방호: 선원 중심 피폭상황

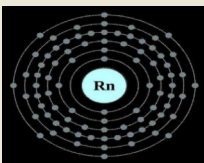
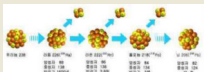
방사선 피폭 상황

- | 계획피폭
- | 비상피폭
- | 기존피폭_자연 방사선, 우주선 등



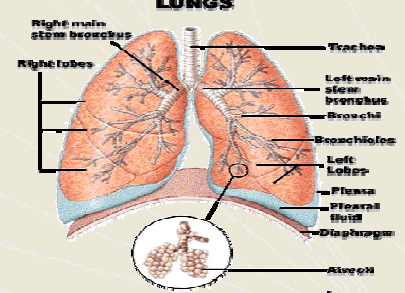
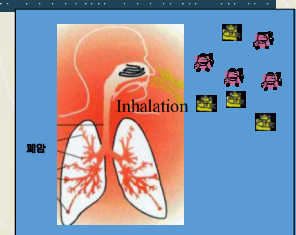
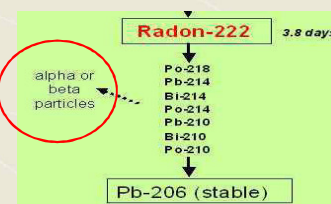
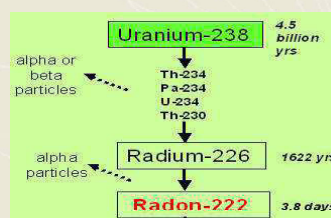
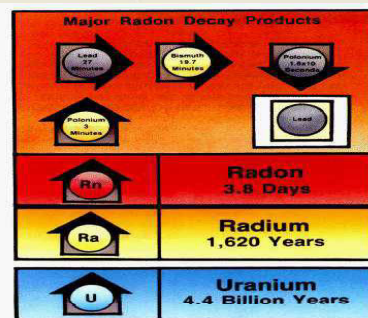
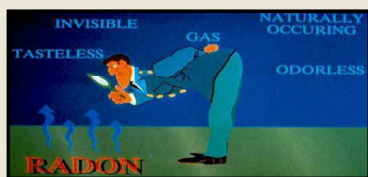
라돈이란?

방사성 물질/라돈



방사선... 알파 방사선 방출 → 내부피폭유발

라돈 자체 보다는 딸 핵종이 폐나 기관지에 침적 → 알파선 및 베타선 방출 → 폐암의 원인



● 라돈 준위에 따른 위험도(U.S. EPA, 비흡연자)

라돈 준위	비흡연자 1,000 명에 대한 폐암 가능성	타 위험요소와 비교	조치
740 Bq/m ³ (20 pCi/L)	약 36명	익사의 35배	가속 보수
370 Bq/m ³ (10 pCi/L)	약 18명	화재 사망의 20배	가속 보수
296 Bq/m ³ (8 pCi/L)	약 15명	추락 사망의 4배	가속 보수
148 Bq/m³ (4 pCi/L)	약 7명	자동차 사망과 같음	가속 보수
74 Bq/m ³ (2 pCi/L)	약 4명	독극물 사망과 같음	가속 보수 고려
48 Bq/m ³ (1.3 pCi/L)	약 2명	평균 실내 라돈 농도	-
15 Bq/m ³ (0.4 pCi/L)	-	평균 실외 라돈 농도	-

● 라돈 준위에 따른 위험도(U.S. EPA, 흡연자)

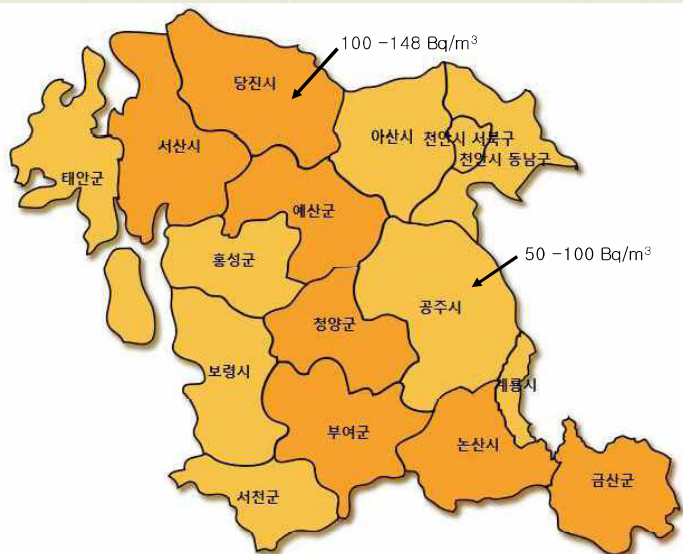
라돈 준위	흡연자 1,000 명에 대한 폐암 가능성	타 위험요소와 비교	조치
740 Bq/m ³ (20 pCi/L)	약 260명	익사의 250배	가속 보수
370 Bq/m ³ (10 pCi/L)	약 150명	화재 사망의 200배	가속 보수
296 Bq/m ³ (8 pCi/L)	약 120명	추락 사망의 30배	가속 보수
148 Bq/m³ (4 pCi/L)	약 62명	자동차 사망의 5배	가속 보수
74 Bq/m ³ (2 pCi/L)	약 32명	독극물 사망의 6배	가속 보수 고려
48 Bq/m ³ (1.3 pCi/L)	약 20명	평균 실내 라돈 농도	-
15 Bq/m ³ (0.4 pCi/L)	약 3명	평균 실외 라돈 농도	-

● 전국실내 라돈지도(2016년, 겨울철, 유형전체)

● 충청남도(50 -148 Bq/m³)

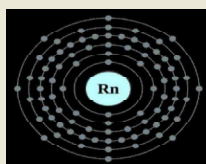
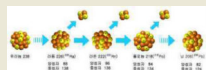


다중이용시설 권고기준 : 148 Bq/m³, 공동주택 권고기준 : 200 Bq/m³ (실내공기질 관리법)



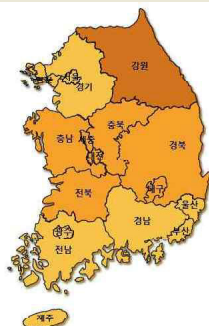
https://iaqinfo.nier.go.kr/leinfo/radon_map.do

방사성
물질/라돈

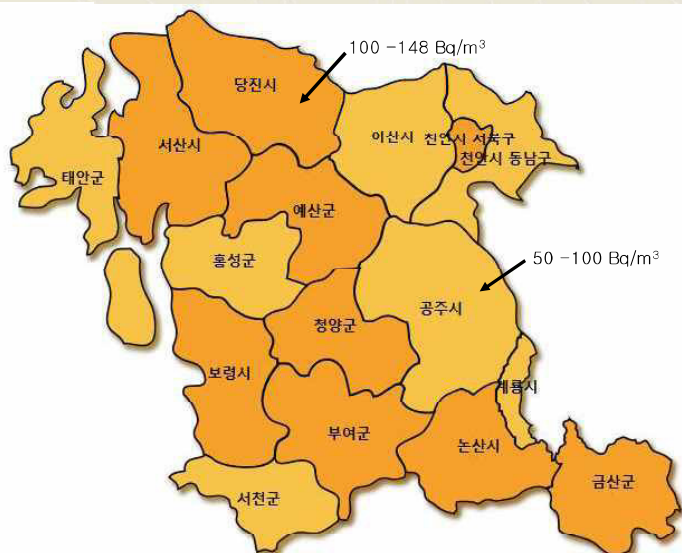


● 전국실내 라돈지도(2016년, 겨울철, 단독주택)

● 충청남도(100 -148 Bq/m³)

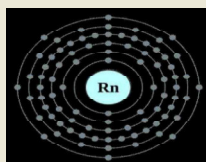
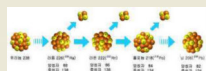


다중이용시설 권고기준 : 148 Bq/m³, 공동주택 권고기준 : 200 Bq/m³ (실내공기질 관리법)



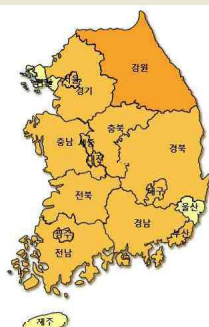
https://jaqinfo.nier.go.kr/leinfo/radon_map.do

방사성
물질/라돈

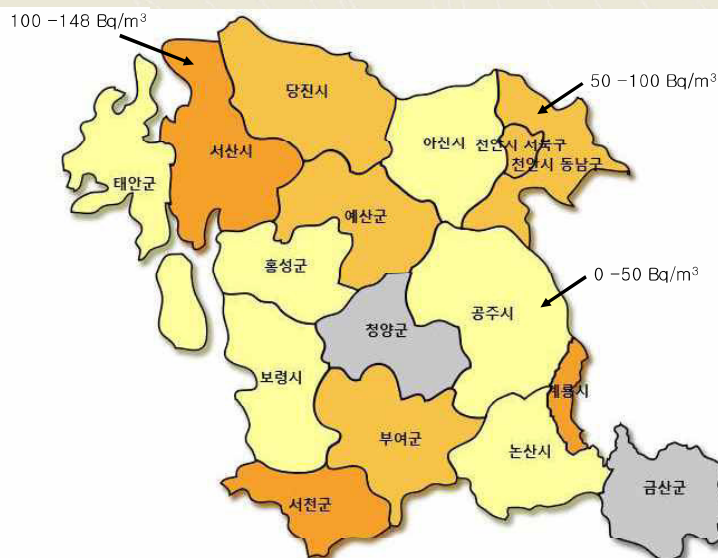


● 전국실내 라돈지도(2016년, 겨울철, 연립다세대주택)

● 충청남도(0 -148 Bq/m³)

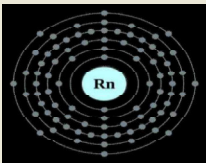
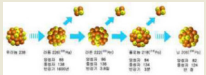


다중이용시설 권고기준 : 148 Bq/m³, 공동주택 권고기준 : 200 Bq/m³ (실내공기질 관리법)

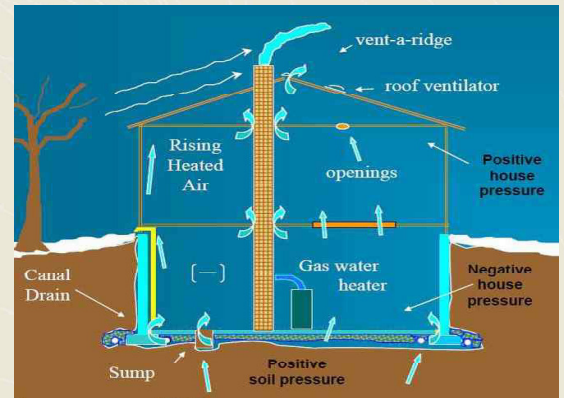
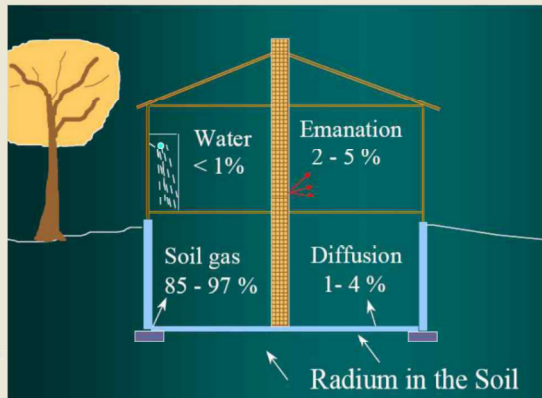


https://jaqinfo.nier.go.kr/leinfo/radon_map.do

방사성
물질/라돈

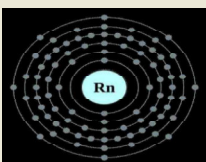
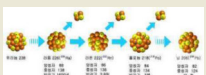


- **실내 라돈가스:** 토양 가스 : 85 - 97% , 건축자재 : 2 - 5% , 확산 : 1 - 4% , 지하수 : <1%
- **굴뚝 효과:** 가옥내 상층부 따뜻한 공기가 밖으로 나가면서 아래의 압력 낮아짐으로 토양 가스가 가옥 내로 유입됨



● 지하수 중 우라늄, 라돈, 전알파(충남 고농도 지역)-환경부 보조자료(2018.02)

방사성
물질/라돈



번호	소재지 (도, 시·군, 읍·면, 동·리, 시설명)					조사항목			용도
						우라늄 (μg/L)	라돈 (pCi/L)	전알파 (pCi/L)	
1	충남	공주시	계룡면	양화1리	별당마루	0.34	7,362	2.66	음용
2	충남	공주시	사곡면	대종리	한시령	0.20	5,238	불검출	음용
3	충남	공주시	우성면	상서2리	길풍	0.85	7,295	불검출	음용
4	충남	논산시	노성면	읍내리	읍내	4.37	23,243	불검출	음용
5	충남	논산시	산월면	상도2리	상도2	0.99	6,645	불검출	음용
6	충남	논산시	연무읍	봉동4리	봉동4	1.08	4,906	4.48	음용
7	충남	당진군	순성면	봉소리	시장	0.43	10,857	1.42	음용
8	충남	당진군	신평면	금천리	시장	0.43	10,406	3.87	음용
9	충남	당진군	합덕읍	신촌리	합덕	1.03	7,761	2.55	음용
10	충남	부여군	세도면	가회리	가회	1.01	10,045	2.54	음용
11	충남	서산시	문산면	여미리	여미	0.75	6,543	6.46	음용
12	충남	서산시	부석면	가사2리	가사2	8.29	6,844	1.06	음용
13	충남	서산시	웅암면	문양2리	문양2	1.06	6,480	5.36	음용

주요 국가의 지하수 중 자연방사성물질 규제 동향
 우라늄 : 미국(30 μg/L, 먹는물 기준)만 규제기준 설정, 일부국가는 가이드라인 설정
 라돈 : 미국(4,000 pCi/L, 가이드라인), 핀란드(8,100 pCi/L, 먹는물 기준), 노르웨이(13,500 pCi/L, 가이드라인) 등

● 건축재료 및 원료물질

- 2015년 생활주변방사선 안전관리 실태 조사 및 분석 결과(모나자이트 취급 사업장 별 안전관리조직 운영형태, 장병욱 외, 2015)

업체	모나자이트(원소)	분석 값	비고
A-2	토륨 계열	11.7 Bq/g	취급자 등록 당시 제출한 방사능 농도 분석 결과 값
	토륨 계열	270 Bq/g	시료를 채취하여 자체적으로 분석을 실시
	우라늄 계열	24.3 Bq/g	시료를 채취하여 자체적으로 분석을 실시
A-2	토륨 계열	215 Bq/g	분쇄된 모나자이트 분체를 대상으로 방사능 농도 분석

- 유엔과학위원회(UNSCEAR, 2008)에서 기술된 토륨 계열 농도 분포 = 5~350 Bq/g
- ThO₂ Content = 5~6% (232Th activity concentration ≈ 200 Bq/g)
- U₃O₈ Content = 0.06~0.4% (238U activity concentration 6~40 Bq/g)

- 석고보드에서 방출되는 라돈으로 인하여 아파트 폐암환자 발생 ('13.12, '14.3, KBS 추적 60분 "라돈의 공포")
- 건축자재 관리 소홀 등 구멍투성이 라돈관리('14.8, 환경일보)
- 라듐 등 방사성 물질이 다량 함유된 건축자재에 대한 사용제한 의무화(체코 등) (자재별 150~1,000 Bq/Kg)

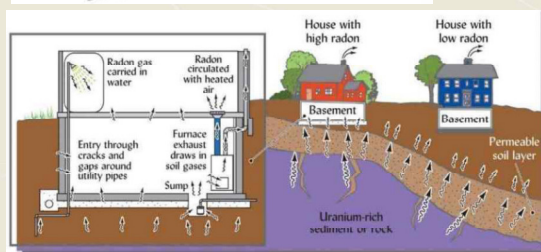
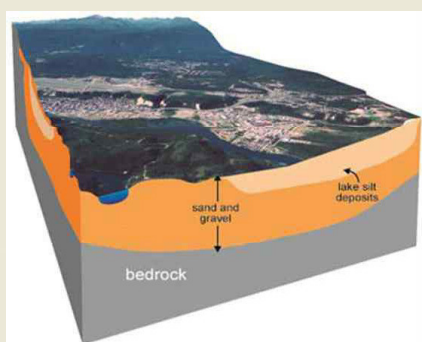
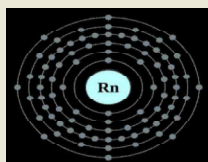
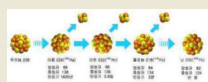
Monazite



실내 라돈

● 실내 라돈농도 영향인자

방사성
물질/라돈



1) 지질학적요인 (Geologic Factors) :

암석의 종류(화강암, 변성암, 해양퇴적물 기원 퇴적암, 석회암, 석탄, Oil-Bearing Shale, 지질구조(예: 단층 등))

2) 토양 특성 (Soil Properties):

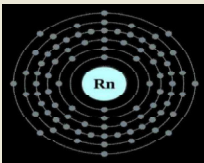
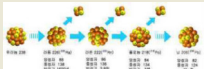
라돈 이동거리(Radon travel distance from source), 투과성(Permeability), 공극률(Porosity), 수분함량(Water Content), 토성(Soil Texture)

3) 건물인자 (Building Factors) :

집의 기초, 건물구조 등

● 토양 중 자연방사성물질 분포실태 조사결과('13~'17)

방사성
물질/라돈



조사 구분	우라늄(²³⁸ U) (Bq/kg)	토륨(²³² Th) (Bq/kg)	칼륨(⁴⁰ K) (Bq/kg)	라듐(²²⁶ Ra) (Bq/kg)	라돈(²²² Rn) (Bq/m ³)
한국 (‘13~’17 평균)	34 (2~696)	63 (3.6~409)	748 (23~1,733)	39 (5.5~1,106)	20,901~59,200 (불검출~298,000)
강원권(2016년)	56.7 (5~696)	81.5 (4~409)	825 (111~1,733)	50.8 (6~1,106)	59,200 (3,710~244,000)
호남권(2015년)	44.7 (2~417)	65.5 (7~217)	689 (57~1,474)	42.5 (6~239)	41,211 (493~298,000)
충청권(2014년)	33 (2~139)	74 (4~312)	751 (23~1,401)	41 (6~146)	52,870 (4,270~290,000)
시범조사(2013년)	16 (5~38)	62 (27~176)	765 (213~1,368)	36 (15~106)	20,901 (불검출~206,667)
미국	43 (5~173)	43 (5~160)	457 (123~864)	49 (10~198)	7,400~74,000 (740~>8,700,000)
노르웨이	62	56	1,049	62	4,000~50,000 (1,000~>1,000,000)
스웨덴	-	52 (17~116)	963 (691~1,420)	52 (15~210)	- (5,000~700,000)
중국	41 (2~851)	51 (1~444)	543 (11~2,222)	42 (26~53)	4,300~130,000 (2,200~436,000)
일본	36 (2~73)	35 (2~109)	383 (19~1,222)	41 (7~121)	-
세계평균	35 (0~690)	64 (1~360)	420 (0~3,200)	32 (0~900)	-

-라돈(²²²Rn)은 20,901~59,200Bq/m³로 나타났으며, 모핵종인 라듐(²²⁶Ra)농도와와의 유의한 상관성은 높지 않았음

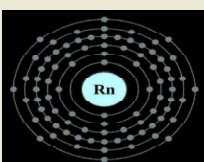
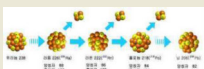
-라돈은 **지질학적 특성 영향 외에도 외부 환경인자**(기후, 토양의 물리적 및 화학적 특성 등)에 의한 **영향을 많이 받는** 것으로 나타났음

* 토양에서 모핵종의 붕괴에 의해 생성된 라돈은 토양 내 공극을 통해 이동하게 되며 토양의 입도와 광물의 종류, 수분 함량, 공기 투과도, 방출률, 토양과 대기의 온도차 등에 따라 이동성에 차이가 발생하게 됨

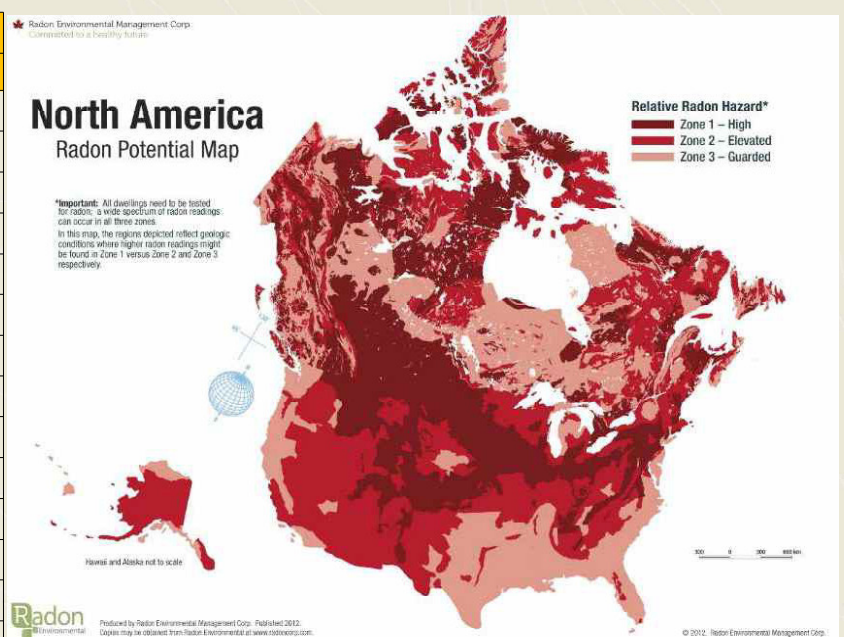
라돈 잠재 지도

● 국외 라돈 지도 작성현황과 라돈 잠재 지도(북아메리카)

방사성
물질/라돈

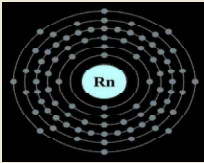
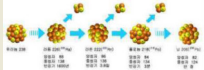


국가	지도형태	
	지질기반	실내 농도 기반
미국	✓	✓
캐나다	✓	✓
영국	✓	✓
스페인		✓
독일	✓	✓
노르웨이	✓	✓
프랑스	✓	✓
오스트리아	✓	✓
스위스		✓
이탈리아	✓	✓
헝가리	✓	✓
체코	✓	✓
스웨덴	✓	✓
핀란드	✓	✓



● (제언) 라돈의 현황과 충남의 대응방향

방사성
물질/라돈



라돈 관리 계획 수립 및 지원	건축자재 라돈 관리 강화	고농도 검출 지하수 및 토양관리	라돈지도/라돈잠재지도
환경부장관은 실내라돈조사의 실시 및 라돈지도의 작성 결과를 기초로 라돈으로 인한 건강피해가 우려되는 시·도가 있는 경우 「환경보건법」 제9조에 따른 환경보건위원회의 심의를 거쳐 해당 시·도지사에게 5년마다 라돈관리계획을 수립하여 시행하도록 요청	오염물질 방출 건축자재의 사용제한	고농도 지역(마을 상수도, 개인 관정)에 대한 상수도 보급 및 저감설비 설치 지속	실내라돈 지도의 활용
전문적인 저감 컨설팅 실시	건축자재 방출량 측정 방법에 대한 세계 논의 흐름에 맞추어 기준을 마련	고농도 지역 토양에 대한 안전관리 매뉴얼 마련	토양/지질 기반 라돈잠재 지도 작성(환경부 토양/지하수와 지하수 토양 조사결과 이용) 및 활용
취약계층(어린이, 노인 등), 경제적 영세가구는 지자체와 공동으로 저감 개선사업 지원 지속		고농도 지역 토양에 대한 토양 함유 자연방사성 핵종 5종(^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K , ^{222}Rn) 분포 조사 및 지도 작성	

생활속 방사능 라돈 피해 사태와 정부의 역할

서상옥 충남환경운동연합 사무처장

1. 라돈침대 사태의 원인¹⁾

- 자연 속에서 존재하는 방사성물질 함유 광물((모자나이트)을 생활 속 가공제품에 부분별 하게 사용됨
- 자연방사성물질(포타슘, 우라늄, 토륨, 라듐, 라돈, 폴로늄 등)을 함유한 광물질 등에 대한 방사선 관리는 생활주변방사선 안전관리법(생활방사선법)에 의해 규제, 법에 근거해 원자력안전위원회는 원료물질, 공정부산물 등은 취급자 등록, 방사능 농도 및 수량, 유통현황, 종사자 건강 및 작업환경 등을 기록 관리하고 있음
- 문제가 된 침대 매트리스와 같이 가공제품 단계에서는 안전기준(지침)은 있지만, 등록 및 관리, 방사능 검사, 종사자 건강 및 환경 등 관리절차는 부재함
- 생활 속 제품에서 모자나이트, 토르말린, 음이온파우더 등 천연방사성물질 함유 광물(질)들이 원료로 사용되는 것 자체에 대해 안전성이 사전 확인이 안되는 상황임

2. 정부 대응의 문제점

- 원자력안전위원회의 부실한 규제와 관리 : 매년 『생활주변방사선 안전관리 실태조사』를 진행했지만 실태 파악조차 안됨. 형식적인 『생활주변방사선방호종합계획』 수립, 가공제품들에 대한 조사와 관리에 큰 구멍이 뚫려 있는 것으로 드러남
- 문제 발견 이후 현행 법제도로는 같은 사건을 반복할 수 밖에 없음(음이온 벽지 사건, 라돈 침대 사건 등)
- 관리 기준치(연간1mSv)를 근거로 한 수거 및 폐기 명령으로는 생활 속 전반에 유통 중인 제품들에 대한 규제를 할 수 없음. 문제의 원인이 명확한 만큼 사전 차단이 필요함
- 투명하지 않은 정보, 정보 공개로 인해 시민들의 불안은 더욱 커짐(대진침대 사전 이외의 공급업체, 제조사, 제품, 검사결과 등 공개 안함)
- 수입품 등 조사, 관리 대책 없음
- 가공 제품 생산과정의 노동자 피해 및 작업환경관리 조사 및 대책 부재
- 민간단체 및 전문가 등과의 소통 부재

3. 문제 해결

- 자연방사선이든 생활방사선이든 안전한 방사능은 없다. 피해를 줄일 수 있다면 줄여야 함
- 문제 발생 사후 보다는 사전 차단이 되어야 함
- 시민안전을 최우선으로 한 투명한 정보 공개는 필수임
- 같은 문제를 반복하지 않도록 종합적인 대책이 필요함

1) 출처:생활속 방사능 실태와 대응(환경운동연합 에너지국)

- 민간(시민사회, 전문가, 관련업계 등)과 협력하고 시민참여를 통한 문제 해결이 필요함

4. 제안

1) 피해자 대책

- 라돈침대 등 생활방사선 제품 사용 피해자에 대한 장기적인 건강 피해 조사 및 관리 등에 대한 대책 마련
- 정부차원의 공식 피해 접수 및 문의 참구 마련 (문의처 단일화 및 관련 인력 배치 증원)

2) 생활주변방사선안전관리법 개정

- 방사성물질 함유 광물의 불필요한 가공제품 원료 사용 금지
- 해당 물질 사용이 필요한 가공제품의 경우에도 등록 및 방사능 검사, 이력 추적, 성분물질표시, 경고문구 표시 등 도입
- 생활방사능 관리 주체 일원화 검토(원자력안전위원회, 환경부, 산업부, 식약처 등)
- 노동자 피폭 조사 및 작업환경 관리 규제 강화

3) 유통 중 음이온(방사성물질 함유) 제품 대책

- 음이온 발생, 천연방사성물질 함유(의심) 제품 실태 조사(침대, 보나자이트 등에 국한되지 않은 전체 제품 대상, 원료물질 방사능 검사, 피폭량 등 조사 및 정보공개
- 안전성이 확인되지 않은 제품들에 대해 피해예방 차원에서 사용제한 조치 등 가이드라인 마련
- 관련 폐기물 처리 원칙 및 방안 제시, 취급자 안전대책 교육

4) 민관합동대책기구 구성

- 라돈 침대 사건과 생활방사능 안전 대책 마련을 위한 민관합동대책기구 구성
- 지방정부, 시민사회 등 협력을 통한 공동조사
- 생활방사능 안전 가이드라인 및 제도개선안 마련
- 사회적 토론 및 의견수렴

<별첨 - 관련 사진>



그림 1 - 7월 5일 직산읍 판정리 대진침대 본사 공장 앞에서 마을 주민들이 반입, 회수되는 매트리스 통과를 차단, 조사중에 있다. (©환경운동연합)



그림 2 - 대진침대 본사 마당에 적제중인 매트리스(©환경운동연합)

[부록]

3. 제 3차 포럼

라돈 잠재지도 국내 · 외 현황과 충남의 적용 방안

노 열



전남대학교 지구환경과학부



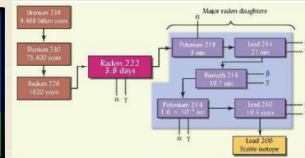
모나자이트



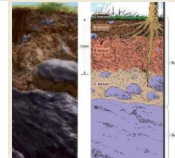
화강암



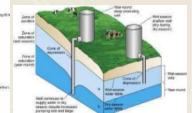
라돈



Radon Decay Chain

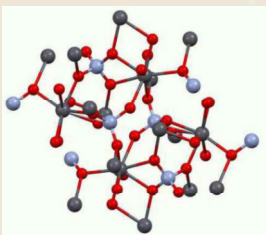


토양



지하수

Contents

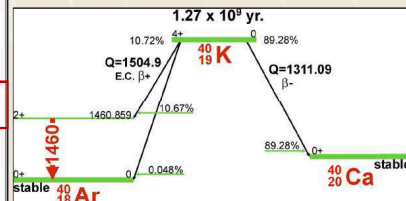
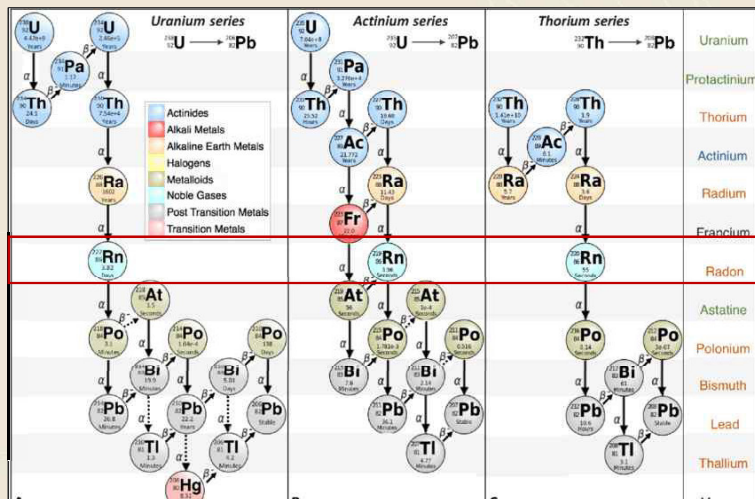
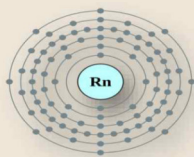
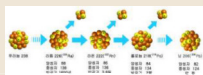


- 1 관리대상 주요핵종과 실내 라돈 농도의 영향 인자
- 2 법적근거(실내공기질 관리법-라돈)
- 3 국내라돈지도와 국내/외 라돈 관리 현황
- 4 국내/외 라돈지도와 라돈잠재지도의 예와 비교
- 5 충남의 라돈잠재지도 적용방안

관리대상 주요 핵종

- $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ series (^{222}Rn), ^{232}Th series, ^{40}K

방사성물질/
라돈

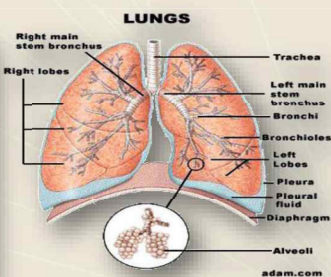
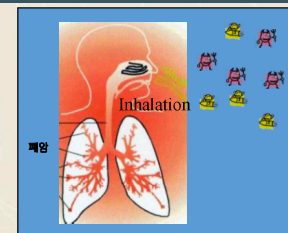
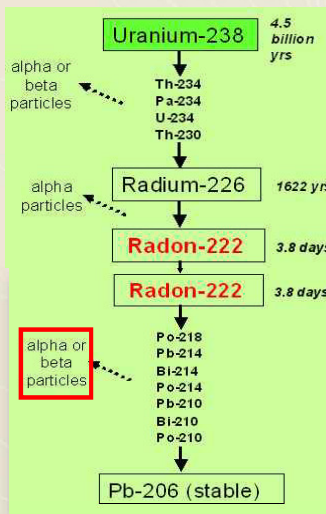
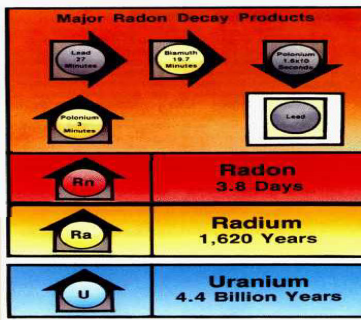
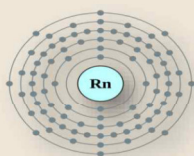
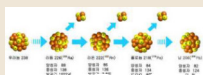


라돈이란?

라돈

- 방사성물질 → 알파 방사선 방출 → 내부피폭 유발
- 라돈 보다는 라돈의 딸 핵종이 폐나 기관지에 침적 → 알파선 및 베타선 방출 → 폐암의 원인

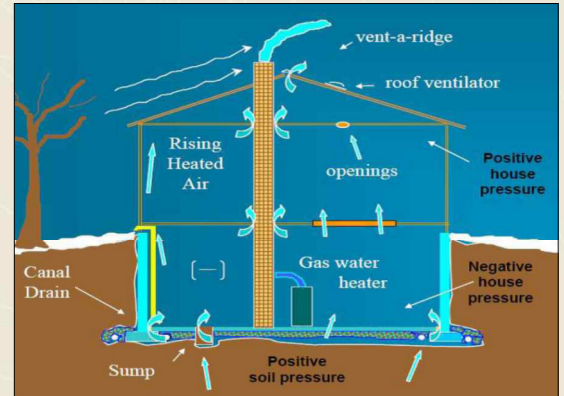
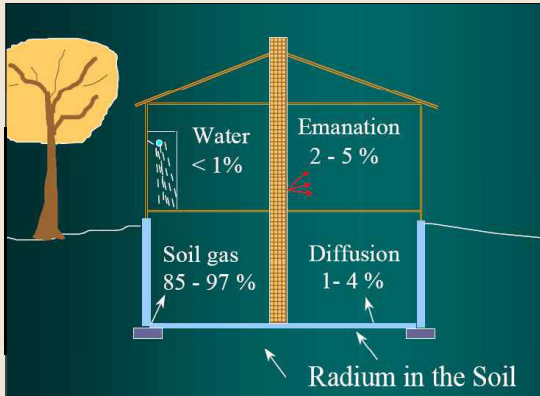
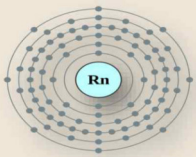
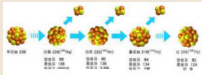
방사성물질/
라돈



● 라돈 유입경로

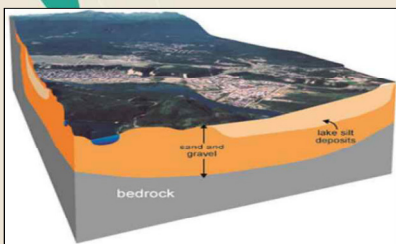
- **실내 라돈가스:** 토양 가스 : 85 - 97%, 건축자재 : 2 - 5%, 확산 : 1 - 4%, 지하수 : <1%
- **굴뚝 효과:** 가옥내 상층부 따뜻한 공기가 밖으로 나가면서 아래의 압력 낮아짐으로 토양 가스가 가옥 내로 유입됨

방사성물질/
라돈



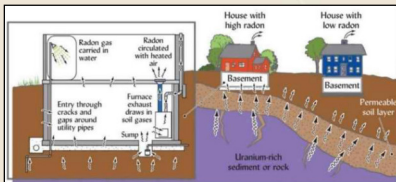
5 / 32

● 실내 라돈농도 영향인자



1) 지질학적요인 (Geologic Factors)

암석의 종류(화강암, 변성암, 해양퇴적물 기원 퇴적암, 석회암, 석탄, Oil-Bearing Shale), 지질구조(예: 단층 등)



2) 토양 특성 (Soil Properties)

라돈 이동거리(Radon travel distance from source), 투과성(Permeability), 공극률(Porosity), 수분함량(Water Content), 토성(Soil Texture)



3) 건물인자 (Building Factors)

건물의 기초와 구조 등

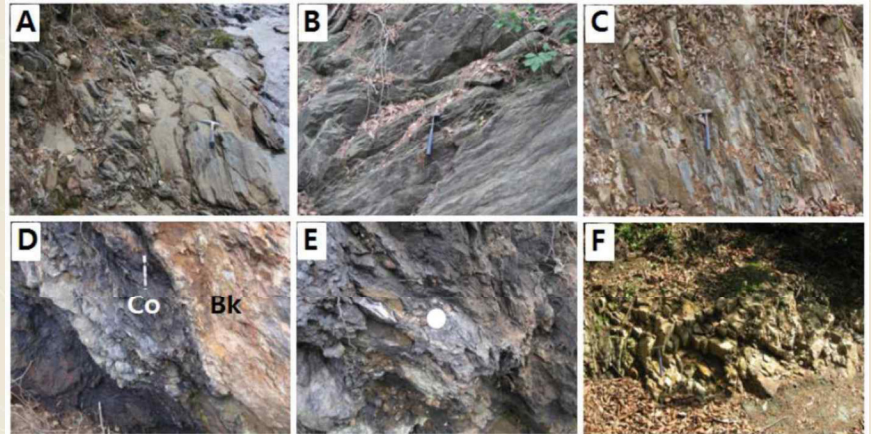
6 / 32

● 옥천대 지질



옥천대(Ogcheon fold belt)

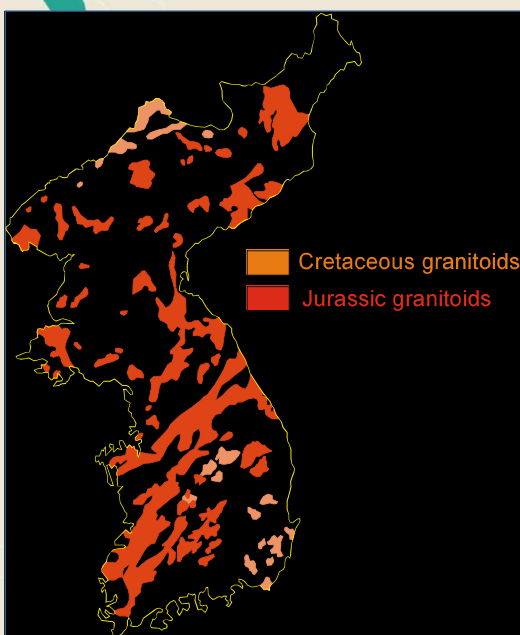
- 경기육괴와 영남육괴 사이에 존재하는 NE-SW 방향의 습곡대
- 옥천층: 시대미상의 화석을 포함하지 않은 변성퇴적암과 변성화산암으로 구성됨



금산 수영리 우라늄 광체는 흑색점판암 내에 탄질성분이 주를 이루고 있는 탄층을 따라 부존된 양상을 보임

7 / 32

● 중생대 화산활동(쥬라기 - 백악기)



- 대보화강암:

- 형성시기: 트라이아스기 후기 - 쥬라기 중기
- Calc-alkaline, mostly metaluminous
- Mostly S-type, syn- to post-tectonic

- 불국사 화강암

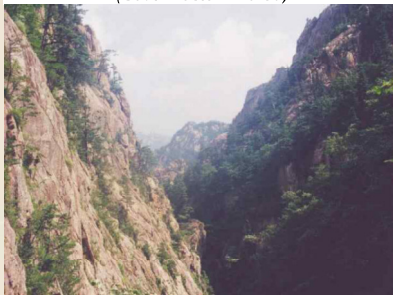
- 백악기 - 제3기 초기(일부)
- Calc-alkaline, mostly metaluminous
- Mostly I-type, post-tectonic
- Close genetic relationship to volcanic activity

8 / 32

우라늄/토륨 함유 암석/토양/광물: 화강암



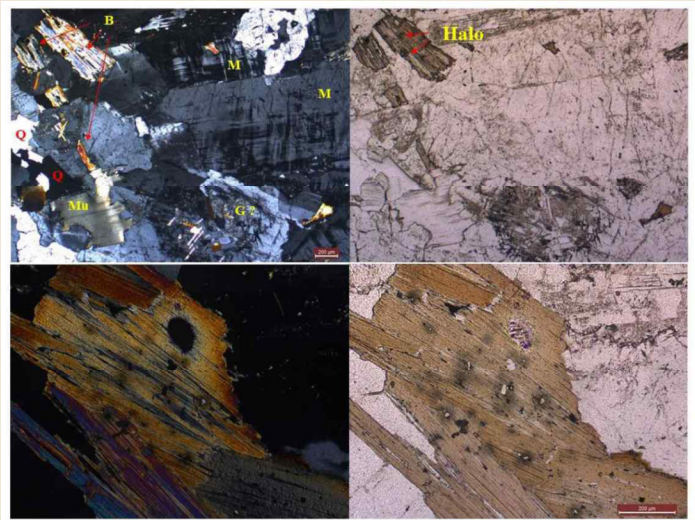
Foliated granite (Late Triassic)
(Southwestern Korea)



Daebo (Jurassic) granite (Seorak Mt.)

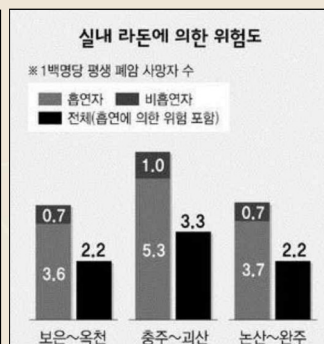


Zircon (ZrSiO4)



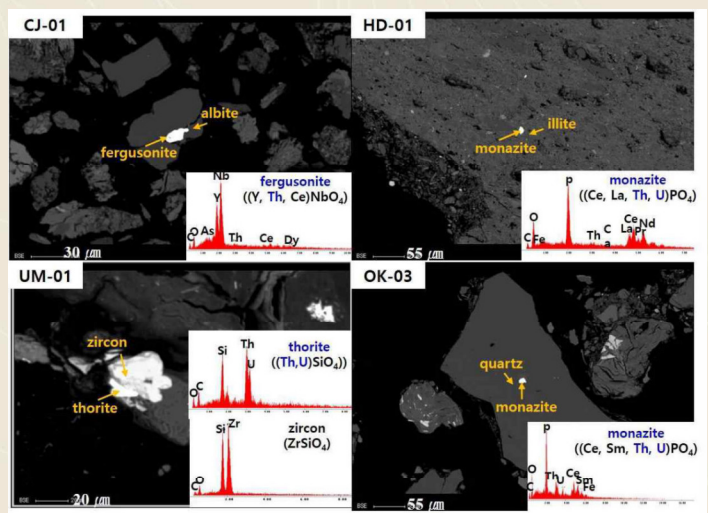
- 화강암의 주 구성광물: 석영, 알칼리 장석, 사장석
- 화강암은 자연방사성물질을 포함하는 대표적인 암석으로 K-40(운모와 정장석), 특정 화강암은 10-20 mg/kg의 우라늄을 함유하고 있음.

옥천지대층 '라돈의 습격'...폐암 사망률 1% 높여



충북 충주~괴산, 충북 보은~옥천, 충남 논산~전북 완주 지역을 정밀조사한 결과 실내 라돈농도는 측정지점 94곳 가운데 44%인 41곳에서 실내공기질 권고기준인 4pCi(피코큐리)/ℓ를 넘어섰다. 가장 높은 곳은 기준치의 7배인 28pCi/ℓ를 기록했다. 특히 세 지점에선 실외에서 켜 라돈농도도 기준치 이상이였다. 지역별로는 충주~괴산 지역 29곳 가운데 62%인 18곳이 기준치를 초과해 가장 높았다.

<http://www.hani.co.kr/arti/society/environment/202158.html>



강종원. 2018. 금속광산 인근 자연방사성물질 함유 토양의 광물학적 및 지화학적 특성. 전남대학교 대학원

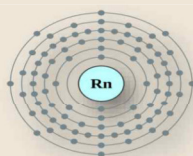
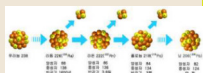
화강암, 페르마타이트, 편암, 편마암, 셰일과 같은 화성암과 변성암에 우라늄을 포함한 자연방사성물질을 포함한 광물(fergusonite, monazite, thorite, monazite)이 존재

금산: 충남 금산군 추부면 일대에서 우라늄광산(추부광구(대전 7-17-18-27-28-47-48-58호, 옥천 136-147호)로, 정밀조사결과 잠재매장량이 약 6500만 파운드)

방사선 피폭

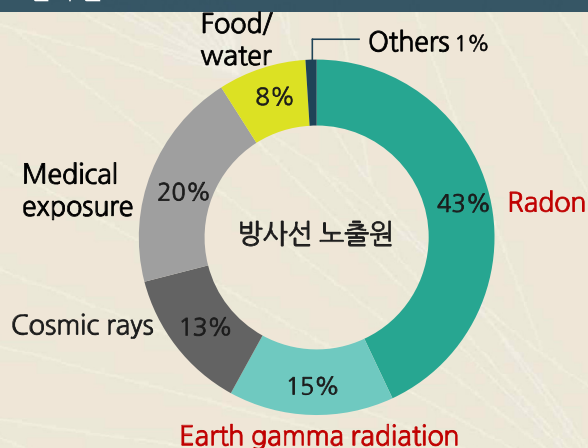
- 라돈과 지각 방사선에 의한 전세계 평균 피폭은 1.4 mSv
- 일반에 대한 이온화 방사선의 연간 피폭 제한치(1 mSv) 초과
- 고농도 지역에서는 연간 피폭량이 수십 mSv 이상인 경우도 있음
- 인공 방사선과 자연 방사선에 의한 영향은 동일
- ICRP103(2008)에서 자연 방사선을 기저피폭으로 관리 권고

방사성물질/
라돈



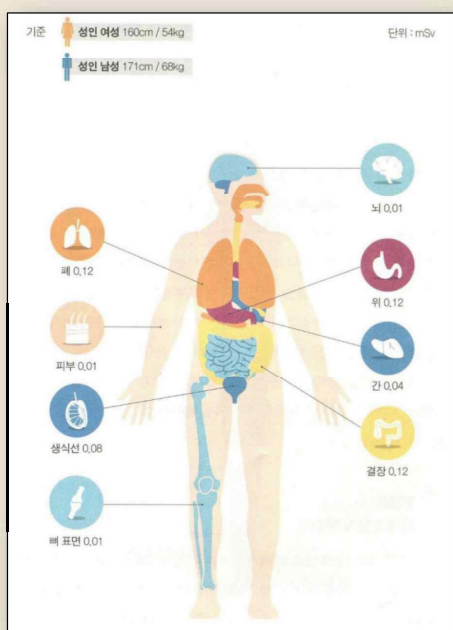
ICRP 103

- 방사선 방호: 선원 중심 → 피폭상황
- 방사선 피폭 상황
 - 계획피폭
 - 비상피폭
 - 기존피폭(자연 방사선, 우주선 등)



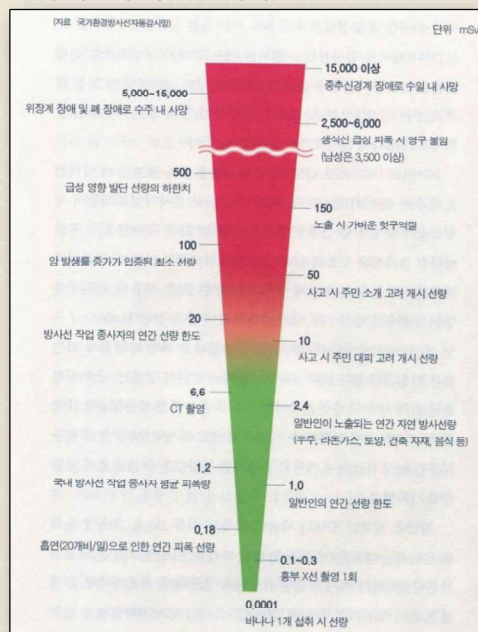
11 / 32

국제방사선방호위원회에서 권고한 방사선 가중치



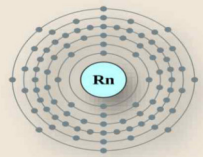
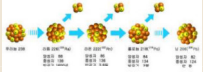
원호섭(2018) 과학, 그거 어디에 써 먹나요? 북클라우드

일상생활에서 접하는 방사선량과 피폭된 방사선량에 따른 영향



12 / 32

방사성물질/
라돈



● 라돈 준위에 따른 위해도(U.S. EPA, 비흡연자)

라돈 준위	비흡연자 1,000 명에 대한 폐암 가능성	타 위험요소와 비교	조치
740 Bq/m ³ (20 pCi/L)	약 36명	익사의 35배	가속 보수
370 Bq/m ³ (10 pCi/L)	약 18명	화재 사망의 20배	가속 보수
296 Bq/m ³ (8 pCi/L)	약 15명	추락 사망의 4배	가속 보수
148 Bq/m ³ (4 pCi/L)	약 7명	자동차 사망과 같음	가속 보수
74 Bq/m ³ (2 pCi/L)	약 4명	독극물 사망과 같음	가속 보수 고려
48 Bq/m ³ (1.3 pCi/L)	약 2명	평균 실내 라돈 농도	-
15 Bq/m ³ (0.4 pCi/L)	-	평균 실외 라돈 농도	-

● 라돈 준위에 따른 위해도(U.S. EPA, 흡연자)

라돈 준위	흡연자 1,000 명에 대한 폐암 가능성	타 위험요소와 비교	조치
740 Bq/m ³ (20 pCi/L)	약 260명	익사의 250배	가속 보수
370 Bq/m ³ (10 pCi/L)	약 150명	화재 사망의 200배	가속 보수
296 Bq/m ³ (8 pCi/L)	약 120명	추락 사망의 30배	가속 보수
148 Bq/m ³ (4 pCi/L)	약 62명	자동차 사망의 5배	가속 보수
74 Bq/m ³ (2 pCi/L)	약 32명	독극물 사망의 6배	가속 보수 고려
48 Bq/m ³ (1.3 pCi/L)	약 20명	평균 실내 라돈 농도	-
15 Bq/m ³ (0.4 pCi/L)	약 3명	평균 실외 라돈 농도	-

→ 동일한 라돈 준위에 노출되어도 비흡연자에 비해 흡연자의 폐암 발병 가능성이 높게 나타남(148 Bq/m³ 노출 시: 8배 이상)

국내 라돈 관련 법령(생활주변방사선 안전관리법)

● 법적 근거(생활주변방사선 안전관리법)

“생활주변방사선 안전관리법” 제정(2011.07.25)/ 시행(2012.07.26)

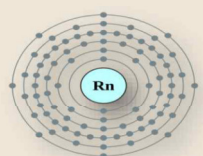
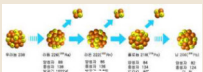
■ 생활주변방사선 법적 정의

1. 우주방사선: 태양 또는 우주로부터 지구대기권으로 입사되는 방사선
2. 지각방사선: 지구표면의 암석 또는 토양에서 방출되는 방사선
3. “원료물질”, “공정부산물” 및 “가공제품”에 함유된 천연방사성 핵종에서 방출되는 방사선
4. 국내 또는 외국에서 수집되어 판매되거나 재활용되는 고철에 포함된 방사성물질에서 방출되는 방사선

■ 부처별방사선안전관리(2018. 10 현재)

부처명	중점과제	부처별 주요 관련업무
원자력안전위원회	생활주변방사선 종합 안전관리	■ 원료물질, 공정부산물 취급자 등록 등 관련 인허가 및 국내 유통현황정보 관리 ■ 결합/부적합 가공제품에 대한 조치 ■ 방사선감시기 설치 및 운영 ■ 생활주변방사선 안전관리 실태조사 및 분석 ■ 생활주변방사선 정보의 관리
해양수산부 관세청	방사성오염물질 국내 유입 감시	■ 무역항 방사성감시기 위탁운영 지원 ■ 방사성 오염 재활고철 국내 유입 차단 ■ 수입 공산품에 대한 세관 방사성 감시
국가기술표준원	생활주변 공산품 방사성 안전관리	■ 생활주변 공산품에 대한 안전성 조사 시 휴대용 방사능 측정기로 방사능 검출 여부 확인 병행
환경부	지각방사선 안전관리	■ 실내공간의 지각방사성 물질(라돈 등) 안전관리 ■ 토양 중 천연방사성 물질 실태 조사, 안전관리 방안 마련 ■ 지하수 등 음용수 중 천연방사성핵종 함유물질 실태조사
국토교통부	우주방사선 안전관리	■ 국제 항공노선별 우주방사선 피폭 정보체계 구축 추진 ■ 항공기 승무원 건강보호 및 안전관리 등 실태 점검

방사성물질/
라돈



법적 근거(실내공기질 관리법)

실내공기질 관리법 (실내공기질법) [시행 2018.6.13.] [법률 제15195호, 2017.12.12., 일부개정]

- 제11조의2(실내라돈조사의 실시)
[실내공기질 관리법 시행규칙]-제10조의6(실내라돈조사의 공고)
- 제11조의3(라돈지도의 작성)
[실내공기질 관리법 시행규칙]-제10조의7(라돈지도의 작성기준 등)
- 제11조의4(라돈관리계획의 수립시행 등)
[실내공기질 관리법 시행령]-제9조(라돈관리계획의 보고)
- 제11조의5(라돈저감공법의 사용 등 권고)
[실내공기질 관리법 시행규칙]-제10조의8(실내 라돈 농도의 권고기준)
- (다중이용시설) 실내라돈 권고기준(148 Bq/m³)을 설정하고 1회/2년 자가측정 하도록 관리(실내공기질 관리법 제6조)
* 기준 초과시 시설운영자(또는 소유자)에게 환기를 자주 실시하도록 하고 환기만으로 라돈농도를 줄이기 어려운 경우 저감시설 설치 권고
- (신축공동주택) 권고기준(200 Bq/m³)을 설정·관리(18.01 ~, 실내공기질 관리법 제9조)(11.07.25)
* 공동주택의 범위: 아파트 연립주택, 기숙사 등의 공동주택으로 200세대 이상인 시설
- (공동주택) 권고기준(200 Bq/m³)을 설정·관리(법 제11조의5)
* 공동주택 및 신축공동주택의 실내 라돈 권고기준을 148 Bq/m³로 강화하는 실내공기질관리법 시행규칙 개정안 입법예고 (18.06.27)

15 / 32

■ 제11조의3(라돈지도의 작성)

- ① 환경부장관은 실내라돈조사의 실시 결과를 기초로 **실내공기 중 라돈의 농도 등을 나타내는 지도**(이하 "라돈지도"라 한다)를 작성할 수 있다.
- ② 라돈지도의 작성기준, 작성방법 및 제공 등에 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

■ 「실내공기질 관리법 시행규칙」

- 제10조의7(라돈지도의 작성기준 등) ① **법 제11조의3제1항에 따른 라돈지도(이하 "라돈지도"라 한다)는 시·군·구 또는 읍·면·동 단위의 행정구역별 평균 라돈농도를 4단계 이상으로 구분하여 작성**한다.
- ② 환경부장관은 제1항에 따른 라돈지도를 작성하는 경우에는 관계 행정기관에 제공하거나 환경부 인터넷 홈페이지를 통하여 공고할 수 있다.
- ③ 제1항 및 제2항에서 규정한 사항 외에 라돈지도의 작성기준, 작성방법 및 제공 등에 필요한 사항은 환경부장관이 정하여 고시한다.
[본조신설 2016. 12. 22.]

■ 라돈 지도란?

라돈 지도는 전국 실내 라돈 조사 결과를 바탕으로 행정구역별 평균을 수치에 따라 등급화하여 표현한 지도

■ 라돈지도 색상: 실내라돈 지도는 다음과 같이 **5개의 색상으로 실내라돈 농도 표시**

자료없음	0-50 Bq/m ³	50-100 Bq/m ³	100-148 Bq/m ³	148-200 Bq/m ³	200 초과 Bq/m ³

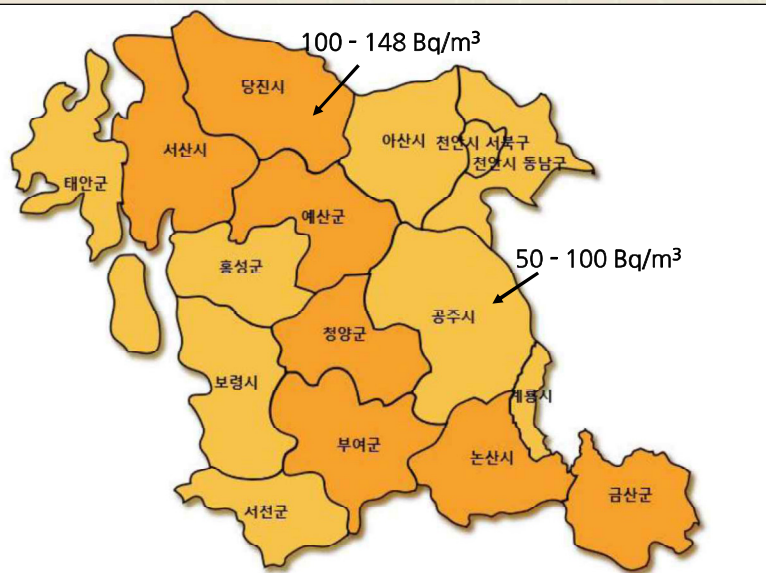
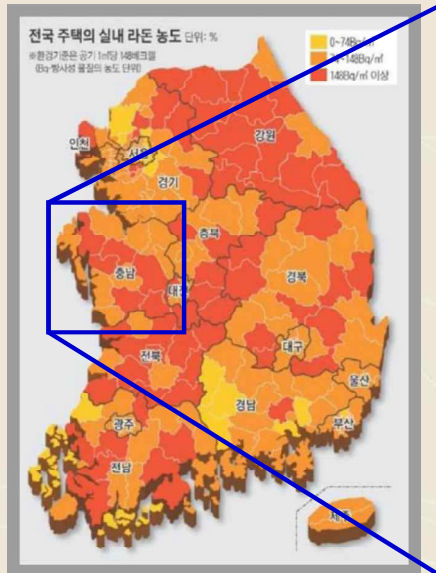
■ 조사 대상 구분

- 공공건물: 학교, 면/동사무소
- 다중이용시설: 공한여객터미널, 노인전문요양시설, 대규모 점포, 도서관, 박물관 및 미술관, 보육시설, 산후조리원, 실내 주차장, 의료기관, 자동차터미널, 장례식장, 지하도상가, 찜질방, 철도역사 대합실, 향만시설 대합실
- 주택: 단독주택, 다세대주택, 연립주택, 아파트

16 / 32

라돈지도(실내 라돈 농도 지도, 대한민국)

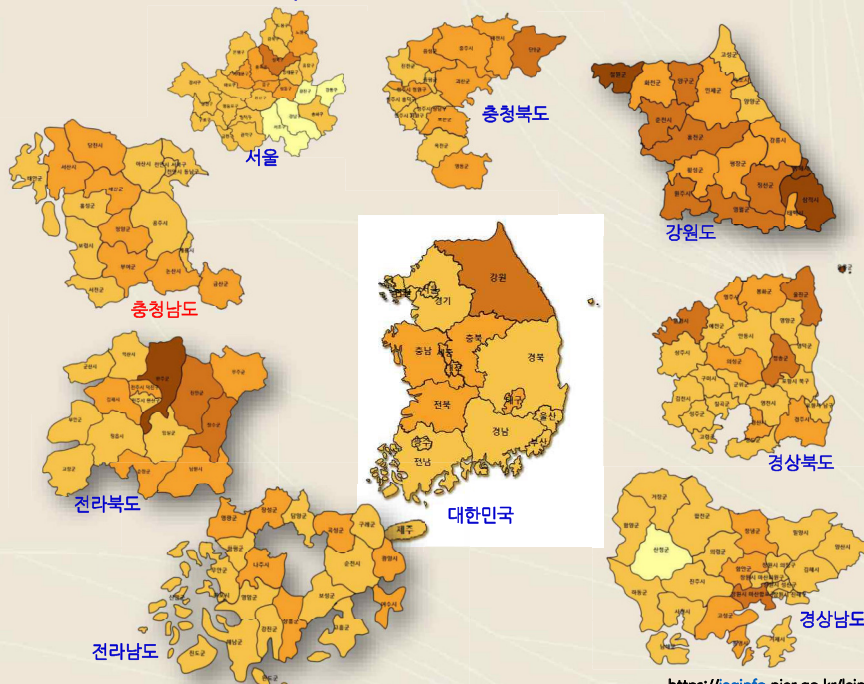
- (국립환경과학원) 현재 전국주택 실태조사 결과를 기반으로 라돈지도를 작성하고 있음



https://iaqinfo.nier.go.kr/leinfo/radon_map.do

17 / 32

라돈지도(실내 라돈 농도 지도, 대한민국)



https://iaqinfo.nier.go.kr/leinfo/radon_map.do

18 / 32

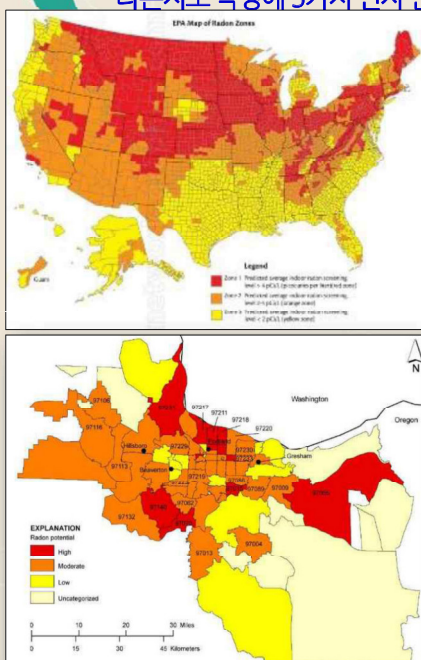
국외 라돈관리 현황

국가	라돈관리 제도현황
미국	- 전국적인 실내 라돈조사 실시(1989 ~ 1991) 및 라돈지도 작성(EPA) - 가정내 조치기준으로 148 Bq/m³ 권고: 라돈저감화 방법을 개발 및 제시하는 국민홍보물 제작·배포 - 주택 구매 시 구매자의 요구에 따라 라돈 저감 시설 설치 - 신축주택 라돈방지시공(Radon Resistant New Construction, RRNC)의무화(미네소타주, 2009.01) - 라돈측정 및 저감기술을 가지고 있는 라돈서비스제공업체 및 기술인력 관리를 위한 숙련도검사 프로그램 운영: 숙련도 시험에 합격한 서비스제공업체의 목록 공개 및 이용 권장
영국	- 전국적인 실내 라돈조사 실시(1991 ~ 1992) 및 라돈지도 작성(영국 방사선 방호위원회): 고농도 지역의 경우 정부가 검사를 권고하고 검사비용 보조 - 가옥 내 조치 기준 기존건물 200 Bq/m³ 신축건물 100 Bq/m³ 제안 - 토양 라돈 배출시스템 도입 등 라돈 저감화 방법 개발 및 보급
스웨덴	- 전국적인 실내 라돈조사 실시(1979년 이후 지속 실시, 스웨덴 라돈학회) - 주거시설에 대한 라돈 농도 제한(의무사항): 기존주택 200 Bq/m³ - 라돈저감화 방법 권고 및 비용지원 - 토양의 라돈 농도 조사 및 라돈 위험지도 작성: 새 건물 부지에 대한 토양 라돈을 조사하도록 권고(1980 -), 모든 건물 부지에 대한 측량조사시 라돈 농도조사 실시 (1988, 건축관리법) - 건축자재 관리: 라돈함량이 많은 일부 건축재료(이판암) 생산금지(1975 -)

라돈저감 이렇게 하세요! 라돈으로부터 안전한 실내환경 조성 가이드북(환경부·국립환경과학원)

국외 라돈지도 작성현황(미국)

라돈지도 작성에 5가지 인자 반영(실내 라돈농도, 방사능 농도, 지질, 토양 투수성, 주택유형)



U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR U.S. GEOLOGICAL SURVEY			
GEOLOGIC RADON POTENTIAL OF EPA REGION 3 Delaware Maryland Pennsylvania Virginia West Virginia			
INCREASING RADON POTENTIAL →			
FACTOR	POINT VALUE		
	1	2	3
INDOOR RADON (average)	< 2 pCi/L	2 - 4 pCi/L	> 4 pCi/L
AERIAL RADIOACTIVITY	< 1.5 ppm cU	1.5 - 2.5 ppm cU	> 2.5 ppm cU
GEOLOGY*	negative	variable	positive
SOIL PERMEABILITY	low	moderate	high
ARCHITECTURE TYPE	mostly slab	mixed	mostly basement

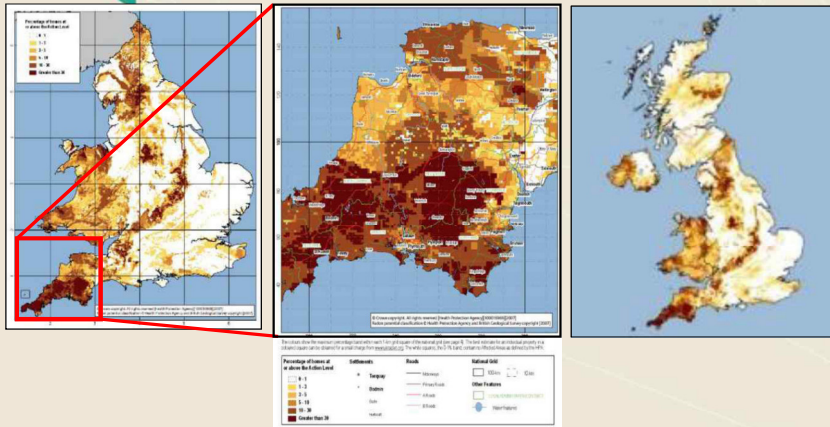
*GEOLOGIC FIELD EVIDENCE (GFE) POINTS: GFE points are assigned in addition to points for the "Geology" factor for specific, relevant geologic field studies. See text for details.

Geologic evidence supporting:	HIGH radon	+2 points
	MODERATE	+1 point
	LOW	-2 points
No relevant geologic field studies		0 points

Radon potential category	Point range	Probable average screening indoor radon for area
LOW	3-8 points	< 2 pCi/L
MODERATE/VARIABLE	9-11 points	2 - 4 pCi/L
HIGH	12-17 points	> 4 pCi/L

POSSIBLE RANGE OF POINTS = 3 to 17

국외 라돈지도 작성현황(영국, 웨일즈) : 지질단위를 고려한 460,000 가구를 측정하여 작성



3.4 CREATION OF THE DATASET

Previously, the potential for high radon levels in UK houses has been mapped either on the basis of grouping the results of radon measurements in houses by grid squares or by geological units. In both cases, lognormal modelling of the distribution of radon concentrations was applied to allow the estimated proportion of houses at or above the UK radon Action Level (AL, 200 Bq m³) to be mapped. Combining the grid square and geological mapping methods gives a more accurate map than either method can provide separately (Miles and Appleton, 2003, 2005, 2007).

Indicative Atlas of Radon in England and Wales

J C H Miles*, J D Appleton†, D M Rees*, B M R Green*, K A M Adlam† and A H Myers†

* HEALTH PROTECTION AGENCY, CHILTON, DIDCO, OXFORDSHIRE OX11 0RQ, UK
† BRITISH GEOLOGICAL SURVEY, KEYWORTH, NOTTINGHAM NG12 5GG, UK

ABSTRACT

This report presents an overview of the results of detailed mapping in England and Wales of radon potential, defined as the estimated percentage of homes in an area above the radon Action Level. The work was carried out jointly by the Health Protection Agency and the British Geological Survey and was based on the results of measurements of radon in 460,000 homes. The method allows variations in radon potential both between and within geological units to be mapped. The resulting map, which defines radon Affected Areas in England and Wales, includes much more detail than could be shown in an atlas. The full detail is instead published as a dataset which can be licensed for use in geographical information systems. The estimated radon potential for an individual home can be obtained through a website, www.UKradon.org. The atlas presents a simplified version of the map, so is indicative rather than definitive: that is, each 1-km grid square is coloured according to the highest radon potential found within it.

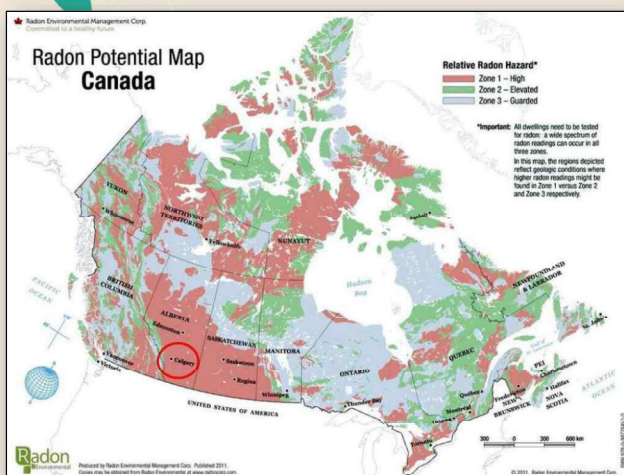
Table 3. Radon Potential Classes and percentage bands

Radon Potential Class	Estimated percentage of dwellings exceeding the Radon Action Level (Nominal percentage band)	Estimated percentage of dwellings exceeding the Radon Action Level (Actual percentage band)
1	0-1	0 to 0.99999
2	1-3	1 to 2.99999
3	3-5	3 to 4.99999
4	5-10	5 to 9.99999
5	10-30	10 to 29.99999
6	30-100	30 to 100

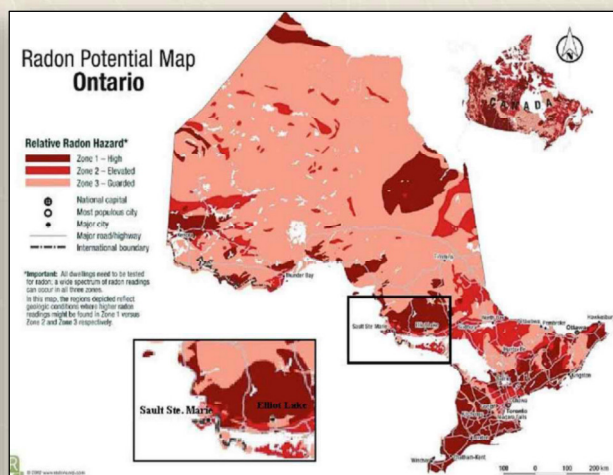
British Geological Survey, 2011. User Guide for the HPA-BGS Joint Radon Potential Dataset for Great Britain, OPEN REPORT IR/11/044

21 /32

라돈잠재지도(실내 라돈 농도를 반영하지 않은 지질/토양기반 지도, 캐나다)



<http://radoncorp.com/mapping/canada-map.php>

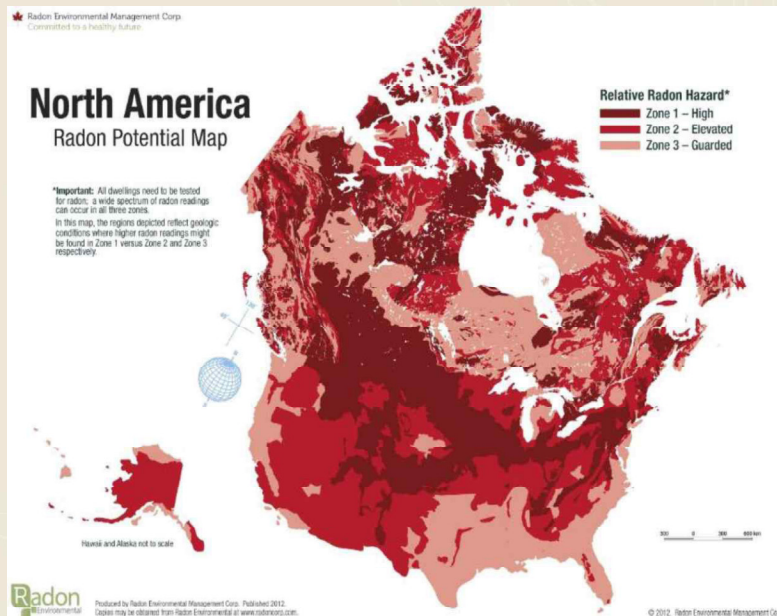


- 캐나다 라돈잠재지도 작성의 목적
- 캐나다 전국토의 라돈 위험에 대한 상대적 준위를 공개함으로써 라돈에 대한 대중의 인식을 높임
- 라돈으로 인한 폐암 사망자 수를 줄임
- 국민의 라돈 농도 확인을 독려하고 라돈의 위험에 대한 알권리 부여

22 /32

● 국외 라돈 지도 작성현황과 라돈 잠재 지도(예: 북아메리카)

국가	지도형태	
	지질기반	실내 농도 기반
미국	✓	✓
캐나다	✓	✓
영국	✓	✓
스페인		✓
독일	✓	✓
노르웨이	✓	✓
프랑스	✓	✓
오스트리아	✓	✓
스위스		✓
이탈리아	✓	✓
헝가리	✓	✓
체코	✓	✓
스웨덴	✓	✓
핀란드	✓	✓



국가	지도형태	
	지질기반	농도 기반
벨기에		✓
크로아티아		✓
키프로스		✓
에스토니아	✓	✓
헝가리		✓
아일랜드		✓
이탈리아		✓
룩셈부르크		✓
폴란드		✓
포르투갈		✓
세르비아		✓
슬로베니아		✓
일본		✓

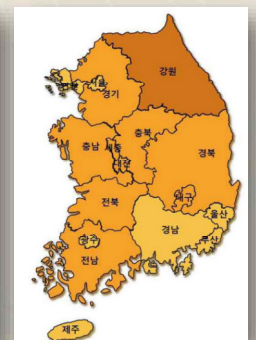
23 /32

● 라돈 지도/라돈잠재지도(지질기반 vs. 행정구역 기반)

	지질기반	행정기반
장점	- 지질영역으로 표시 - 암상에 따른 라돈 함량에 대한 구분이 가능 - 지질분포만을 확인, 단순화 시켜 정책집행이 가능	- 국가 및 지방 단위 행정 정책에 도움 - 행정범위 내에서 여러 변수를 줄임으로써 국가 정책을 단순화 - 지도를 이용하는 국민들에게는 이해가 쉬움
단점	- 행정 단위 별 정책 접근이 어려움 - 전체 암상에 대한 조사가 필요(축척의 문제 1:2.5만, 1:5만, 1:25만) - 축척의 문제로 좁은 지역(건물 단위)의 접근에서 한계(건축물은 10m 내외 폭) - 지질학적으로 제4기를 제외한 지역으로 주민 거주지가 많지 않음	- 시료수에 따른 대표성의 문제 발생 실내조사의 경우 다양한 변수에 의해 영향 - 건축물 내 라돈 방출 물질에 의한 영향이 불가능 - 건축물의 개폐 여부에 따른 다양한 비산정도 차이 제4기 지역이고, 암석이 풍화된 충적층에 다수의 주거지 위치 단층 등의 지형 변화에 대한 고려가 미약



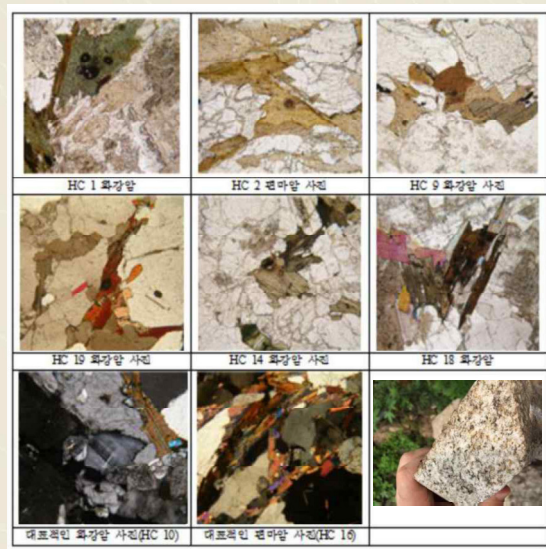
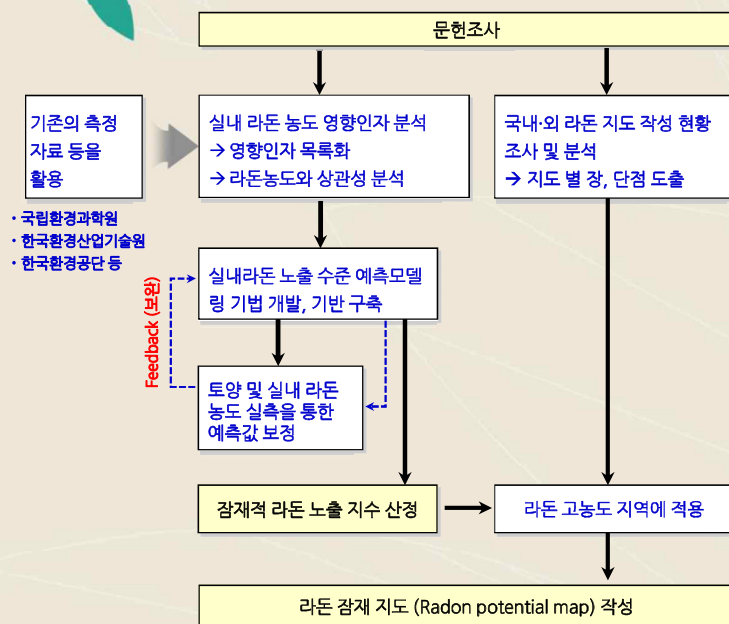
지질기반



행정기반

24 /32

● 실내 라돈농도 영향인자를 고려한 라돈영향 잠재지도 및 잠재적 라돈노출 지수 마련 연구(서성철 외, 2018)



● 국내 토양/암석의 우라늄/라듐조사 결과를 활용한 라돈 포텐셜 지도 작성 예

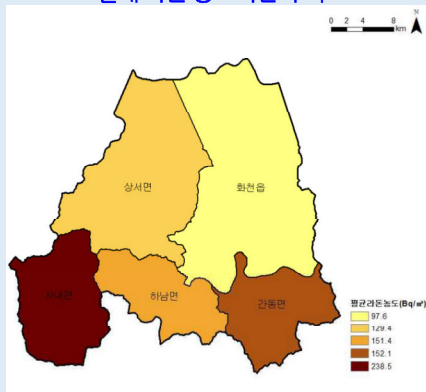


라돈 지도와 라돈 잠재지도(강원도 화천군)

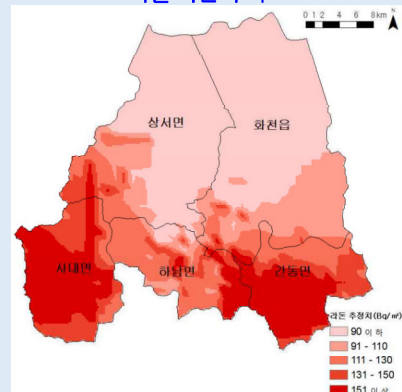
실내 라돈농도 영향인자를 종합적으로 고려한 '실내 라돈 노출수준 예측모델링' 기법 개발:
약 1,700여개의 실내라돈 측정 자료 기반, 1x1 km 격자 라돈 농도 지도 => 라돈잠재지도



실내 라돈 농도기반의 지도



지질 기반의 지도

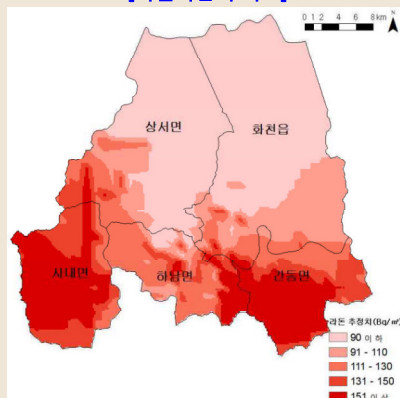


- 라돈측정치가 포함된 1,722개 가구자료를 사용하여, 종속변수를 자연로그 변환된 라돈 추정치로 하고 독립변수를 (1) **건물이 화강암대 위에 있는지**, (2) 반경 500 m 이내에 **단층이 존재 하는지**, (3) **건축연도** - 1970년 이전, 1970-2000년 사이, 2010년 이후 세 가지로 선정하여 회귀분석을 실시
- 회귀분석 결과 위 변수 모두가 통계적으로 유의한 것으로 나타나 이 회귀계수를 이용하여 화천군 전체를 1m²로 나눈 1,763개 그리드 각각에 대해 라돈추정치로 예측한 후 지도로 표시
- **토양 및 암반 내 우라늄 함량 검사 결과 반영** 건) 암석분석결과에서 우라늄 분석결과를 이용하여 가중치를 주는 것이 적합하다 여겨짐 (예, 미국에서 항공 방사성 측정값 (Aerial Radioactivity)을 이용하여 <1.5 ppm eU - 1점, 1.5-2.5 ppm eU - 2점, >2.5 ppm eU - 3점을 주고 있음).

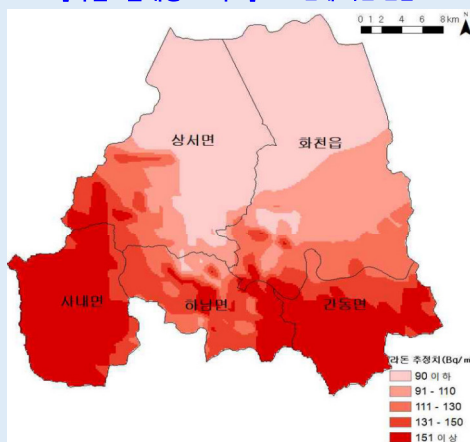
27 / 32

라돈 잠재지도(강원도 화천군)

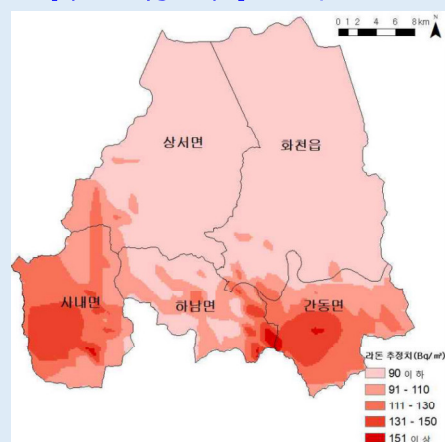
[지질기반의 지도]



[지질+실내농도 지도] 1980년대 이전 건물



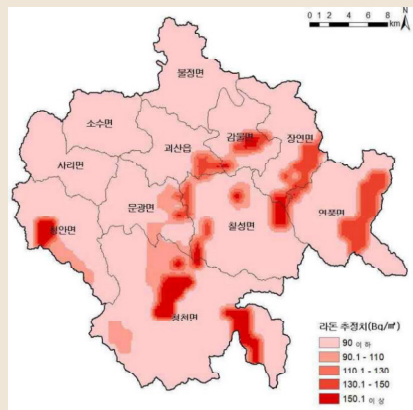
[지질+실내농도 지도] 1980년대 이후 건물



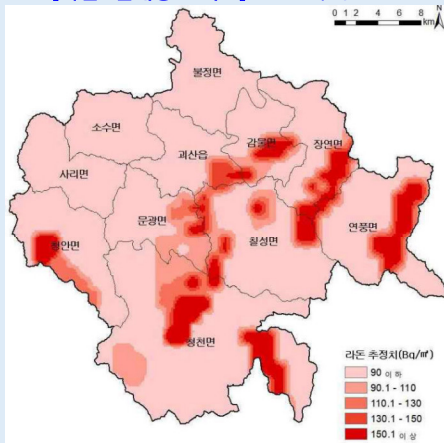
28 / 32

● 라돈 잠재지도(충청북도 괴산군)

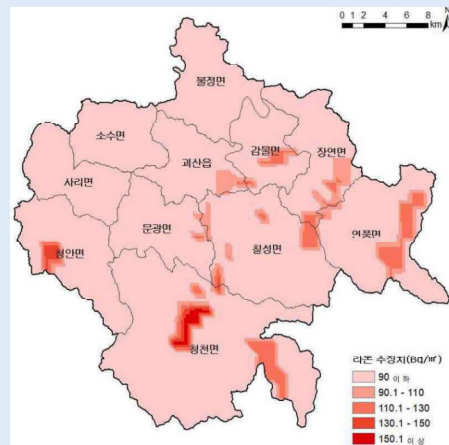
[지질기반의 지도]



[지질+실내농도 지도] 1980년대 이전 건물



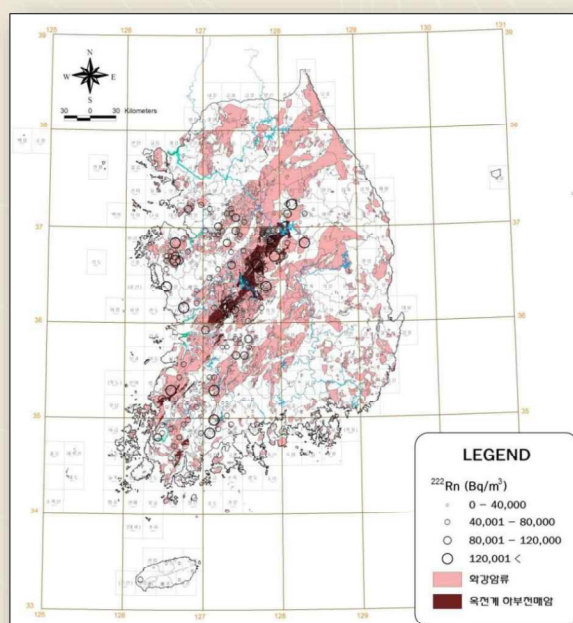
[지질+실내농도 지도] 1980년대 이후 건물



● 토양중 자연방사성물질 농도

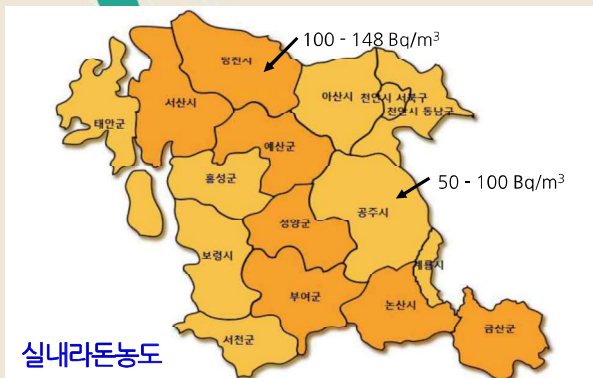
토양조사/ 자연방사성원소	우라늄 (²³⁸ U) (Bq/kg)	라듐 (²²⁶ Ra) (Bq/kg)	라돈 (²²² Rn) (Bq/m³)
대한민국(평균), (2013~2017) (범위)	34 (2~696)	39 (5.5~1,106)	20,901~59,200 (N.D.~298,000)
경상도(2017) (범위)	29.8 (2.2~138.9)	40.1 (5.5~145.6)	33,101 (24~290,000)
강원도(2016) (범위)	56.7 (5~696)	50.8 (6~1,106)	59,200 (3,710~244,000)
전라/제주도(2015) (범위)	44.7 (2~417)	42.5 (6~239)	41,211 (493~298,000)
충청도 (2014) (범위)	33 (2~139)	41 (6~146)	52,870 (4,270~290,000)
예비조사(2013) (범위)	16 (5~38)	36 (15~106)	20,901 (N.D.~206,667)

(Kim et al., 2018, unpublished)

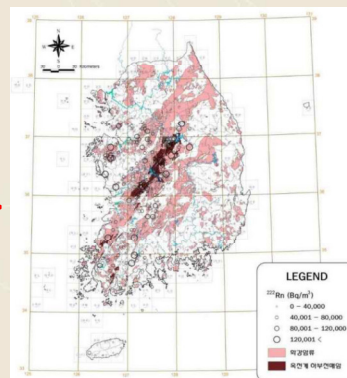


토양중 자연방사성물질 분포실태조사 결과

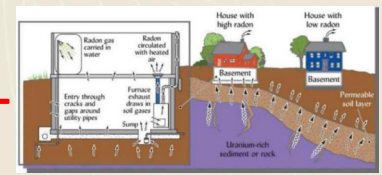
라돈잠재지도, 충남 적용방안



+



+



+



실내라돈농도, 토양의 라돈농도, 지질, 토양 투수성, 주택유형을 고려한 충남의 라돈잠재지도 마련 필요

Thank you for your attention

라돈 잠재지도 제작 및 운영 방안에 대한 제언 등

을지대학교 보건환경안전학과 서성철

라돈(^{222}Rn)은 불활성 기체로서 지각 중의 토양, 모래, 암석, 광물질 및 이들을 재료로 하는 건축자재 등에 미량($7.4\sim 74\text{ Bq/kg}$)으로 함유되어 있는 우라늄(U-238) 붕괴 계열 중 라듐(^{226}Ra)이 붕괴할 때 생성된다. 라돈은 그 붕괴 생성물(라돈 자핵종)을 만들고 이들 역시 방사선을 방출하는 성질을 가지고 있어 라돈 기체와 자핵종에 노출될 경우 폐암 발병의 위험이 있다는 것으로 잘 알려져 있다. 이에 라돈 노출에 의한 피해를 최소화하기 위해서는 라돈 노출 고농도 지역, 가정에 대한 저감 시설 설치와 사전 예방활동이 필요 하다.

통상 라돈 저감 방법에는 토양배기법, 환기법, 가압법 등이 있고, 이러한 공법 적용 시, 라돈 농도를 저감시키는데 상당한 효과가 있는 것으로 확인되었으나, 적극적인 라돈 노출 예방에는 다소 한계가 있을 것으로 여겨진다. 사전적 라돈 노출 예방으로는 라돈 발생 고농도 지역에 대한 사전 파악과 라돈 노출 취약 지역, 가구에 대한 선제적인 모니터링 방법이 매우 효과적이라 여겨진다. 즉, 라돈 발생과 연관된 지질 내 우라늄함유 광물을 포함한 암석과 풍화토의 분포도, 토양의 물리적/화학적 성질, 지구조적 특성 등의 여러 변수를 고려한 라돈 지도를 작성하여 현재 또는 미래의 라돈 고농도 발생 지역 등의 파악이 매우 필요하다 여겨진다.

현재 환경부는 전국주택 실태조사 결과를 기반으로 라돈지도를 작성하고 있으나, 다양한 라돈 영향인자가 고려되지 않아 라돈 노출과 관련된 대표성에 한계가 있다. 즉, 실내 라돈 농도는 지질특성(기반암, 토성, 기반암위의 토양 깊이 등), 지반 아래 건물의 설치 형태, 건축물 특성, 거주자의 행동 양식 등에 따라 다양하게 변하기 때문에, 실내 라돈 측정값만을 이용한 지도 작성에는 제한점이 있다.

외국의 경우 자국의 맞는 라돈지도를 작성하여 라돈 우려지역 관리 및 사전예방 관리 정책에 적극적 활용하고 있다. 영국의 경우 2007년도 경 지질특성 및 실내라돈

측정 결과를 결합한 자료와 베이시안(Bayesian) 통계모델링 방법을 이용하여 지질특성을 고려한 ‘라돈 영향 지도’를 작성하였다. 즉, 수치화된 지질 자료를 이용, 기반암(Bedrock)과 토양 통기성 특성을 결합하는 방법으로 지역을 구분하여, 약 430,000 가구 이상의 라돈 측정 자료를 온도 등의 변수를 이용하여 연간 노출 농도로 환산, 지질 정보가 포함된 1 km × 1 km 격자 내에, 라돈 측정 결과 자료를 결합 후, 통계모델링 결과를 이용하여 라돈 영향 지도를 작성하였다(그림 1 참조).

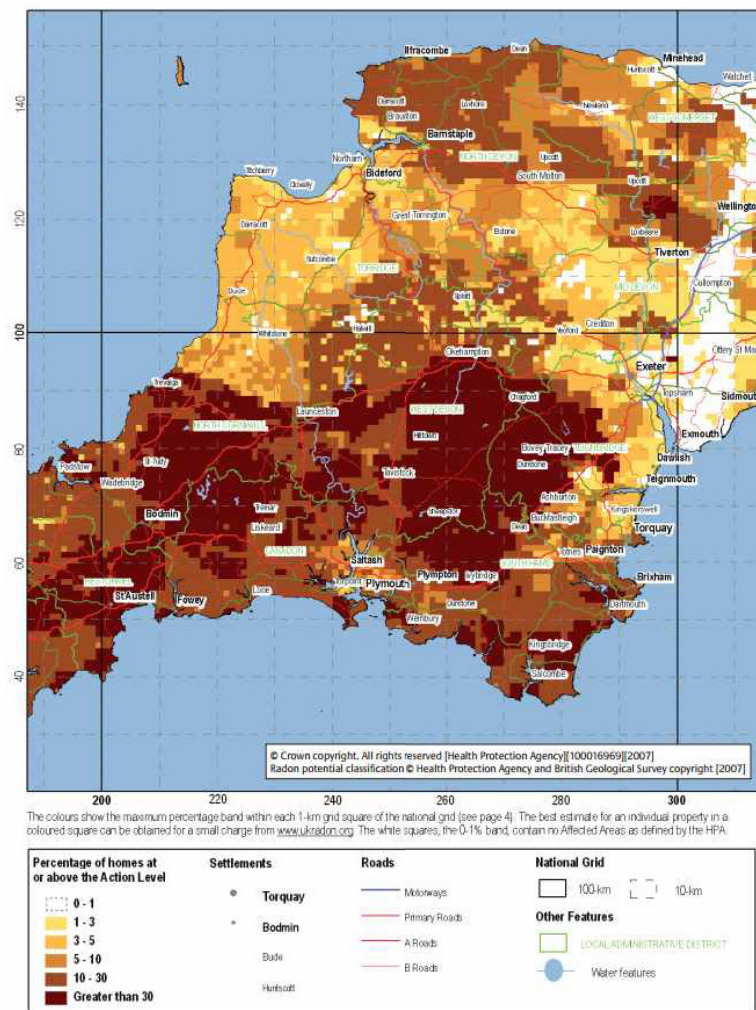
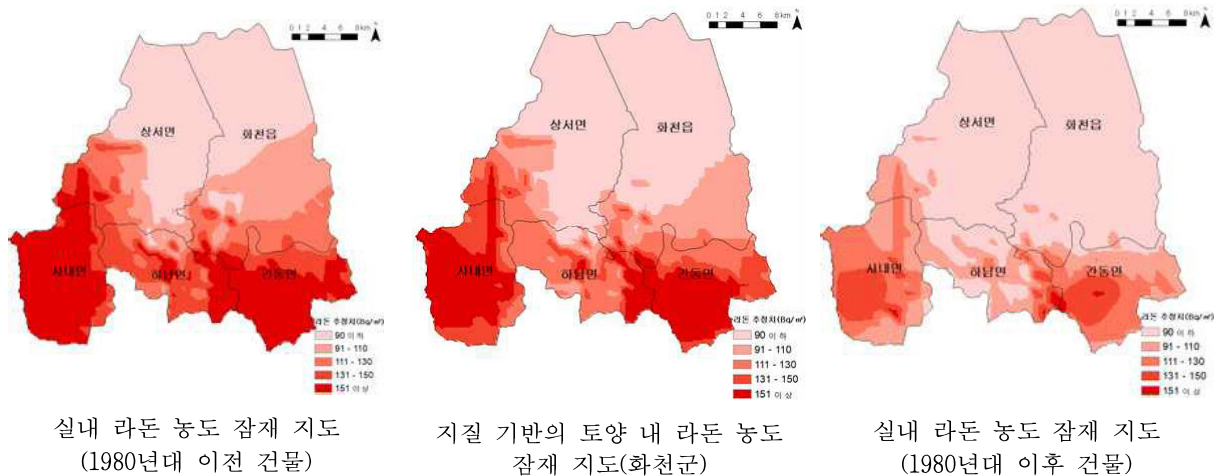


그림 1. 1 × 1^{km} 격자 단위 기반의 라돈 맵 작성 예 (UK)

이에 국내에서도 라돈의 효율적 관리 필요성을 인지, 암석 중 우라늄 농도, 토양 중 라돈농도, 토양의 특성, 단층과 같은 지구조적 특성 등을 포함한 실내라돈 영향인자 및 지역특성을 고려한 라돈영향 잠재지도 연구를 수행하였다.



연구결과 토양 내 라돈 농도 자료를 활용하여 지질학적 변수를 기반으로 한 토양 내 라돈 잠재지도가 실내 라돈 농도 결과치와 상당부분 일치하는 것으로 분석되어, 지질기반 토양 내 라돈 잠재지도의 가능성을 확인하였다. 특히, 건축연도를 이용한 실내 라돈 농도 잠재 지도의 경우 향후 건축물의 노후화가 진행 될 경우 실내 라돈 농도가 높아질 수 있음 보여 주고 있어, 중앙 또는 지방정부에서 라돈 저감 시설 설치 여부, 고농도 지역의 모니터링 장비 설치 여부, 실내라돈 농도 측정, 지속적인 교육 및 홍보 전략 수립 등에 있어서 활용성이 높을 것으로 기대된다. 다만, 라돈 고농도 지역 중심의 라돈 잠재지도 제작 및 활용에 있어서는 다음의 사항에 대한 지속적인 논의 및 정책적 지원 등이 필요할 것으로 여겨진다.

- 라돈 잠재 지도 작성을 위한 체계적인 지질 자료 조사·모니터링 및 DB화
- 라돈 잠재지도 기반의 모니터링 감시체계 구축
- 라돈 잠재지도 기반의 라돈관리 정책 마련 및 건강영향 조사·분석을 통한 정책의 우선순위 설정 등
- 라돈 잠재지도 기반의 신축(공동)건물 내 라돈 노출 관리 매뉴얼 마련(지역 내 건축자재 내 라돈 함량 관리 포함) 등

충남연구원 라돈 토론 자료

EHS기술연구소 이동현

라돈은 세계보건기구 WHO와 미국환경보호청 EPA 에서 폐암을 일으키는 1급 발암물질로 규정하고 있는 무색, 무미, 무취의 방사선을 내는 가스상 물질입니다. 사람의 감각으로는 감지할 수 없는 물질이기 때문에 더욱 위험합니다. 라돈은 건물의 갈라진 틈이나 기공을 통해 실내로 유입되며 주요 토양에서 70%, 건축자재가 5%, 나머지는 지하수나 외부에서 유입되는 것으로 알려져 있습니다.

국내 실내 라돈 평균은 약 55Bq/m³로 세계 평균인 39Bq/m³보다 높으며 미국의 실내라돈 평균인 48Bq/m³보다도 높다. 미국, 영국, 스웨덴 등 선진국은 이미 1980 ~ 1990년대에 국가 라돈지도 작성, 토양, 건축자재 관리 등을 통해 라돈을 체계적으로 관리해 오고 있으나 국내의 경우 라돈의 체계적 관리 위한 법률적 제도적 보완이 필요한 사항입니다.

미국이나 유럽에서는 20-30년 전부터 라돈에 대한 조사와 저감 방안, 기준 등을 연구하고 실생활에 적용하고 있었기 때문에 라돈이란 단어가 선진국 국민들에게 생소하지 않습니다. 대부분의 선진국에서는 라돈에 대한 기준을 100-200 베크렐로 정하고 있으며 미국의 경우 주택 거래시 주택의 라돈 측정값을 표기하게 되어 있고 미네소타주와 같이 라돈의 농도가 높은 지역에서는 건물을 신축할 때 라돈저감 장치를 의무적으로 설치하는 법을 적용하고 있습니다. 스웨덴의 경우 신축건물의 라돈저감 설치비용을 정부에서 지원하고 있고 건축자재에 대한 관리 기준도 제정하여 시행하고 있습니다. 국내에서는 실내공기질관리법, 학교보건법에서 라돈을 관리하고 있으며 2018년에 공동주택에 대한 기준을 148베크렐로 정하고 있습니다.

최근 불행하게도 침대에서 라돈이 발생되어 전 국민이 불안에 떨고 건강상 유해를 가져오는 사건이 발생하였습니다. 이는 전 세계적으로 찾아볼 수 없는 유일한 사건이 우리나라에서 벌어졌습니다. 따라서 라돈침대에 대한 안전한 수거와 폐기가 조속히 이루어져야 할 것으로 생각됩니다.

이러한 사태는 그동안 국민과 정부가 라돈에 대한 인식이 전혀 없었기 때문인 것으로 생각됩니다. 따라서 국민들에게 라돈의 위험성과 저감방안을 알릴 수 있는 리스크 커뮤니케이션이 절실히 필요한 상황이라고 생각합니다.

전국의 라돈 현황을 파악할 수 있는 가장 중요한 것이 라돈지도입니다.

현재 환경부와 국립환경과학원에서는 4만 가구에 대한 라돈 조사를 실시하여 라돈지도를 제작하였으나 시군구 별로 라돈농도를 세분화하기에는 좀 부족한 부분이 있습니다. 따라서 라돈지도의 활용도를 높이기 위해서는 현재보다 많은 양의 라돈 농도를 조사하고 실내 라돈농도 뿐만 아니라 토양에서 발생하는 라돈, 화강암, 편마암, 단층 분포와 같은 지질학적 분석이 함께 이루어진 라돈지도를 제작해야 합니다. 이렇게 제작된 지도를 바탕으로 라돈농도가 높은 가구나 지역의 경우 중앙 정부, 지방자치 단체에서 라돈 저감 컨설팅을 실시하고 저감시설 비용을 지원해 주어야 합니다. 또한 신축 건축물의 경우 기초 단계에서 라돈저감을 의무적으로 시행 할 수 있도록 법률적 근거가 마련되어야 합니다.

또한 국민들이 라돈에 대한 불안감을 해소하기 위해서는 라돈 콜센터를 운영하여 라돈에 대한 문의 사항 등을 답변해 주고 라돈에 대한 위해성과 정보를 제공하는 노력이 필요하며 라돈관리 종합 계획을 재정비하여 라돈에 대한 체계적인 관리를 초기에는 중앙정부와 지방자치단체에서 주도해야 할 것으로 생각합니다.

[부록]

4. 제 4차 포럼

라돈(생활방사선) 노출저감을 위한 충남의 정책과제

2018. 12. 28. 충남연구원 명형남

차 례

I. 라돈 등 생활방사선이란?	1
1. 라돈 등 생활방사선의 피폭원과 피폭량	1
2. 라돈의 생성과정 및 주요 발생원	2
II. 라돈의 인체노출 주요경로 및 건강영향	5
1. 인체노출의 주요경로	5
2. 인체에 미치는 건강영향	6
III. 전국과 충남의 라돈 분포 현황	9
1. 자연적 분포(지질학적) 현황	9
2. 실내라돈 분포 현황	11
IV. 라돈 등 생활방사선 관리현황	17
1. 생활제품 속 방사선 관리	17
2. 실내공기질 관리	22
V. 라돈(생활방사선) 노출저감을 위한 충남의 정책과제	27
1. 충남의 노력들	27
2. 라돈 노출실태 파악	28
3. 건강민감계층 집중 관리	30
4. 라돈 안전관리 기반 구축	32
5. 라돈 환경보건 서비스 강화	35

※ 본 글은 충남연구원 현안과제와 2018년 포럼을 통해 논의된 내용을 현시점에 맞게 요약·보완한 것임

I. 라돈 등 생활방사선이란?

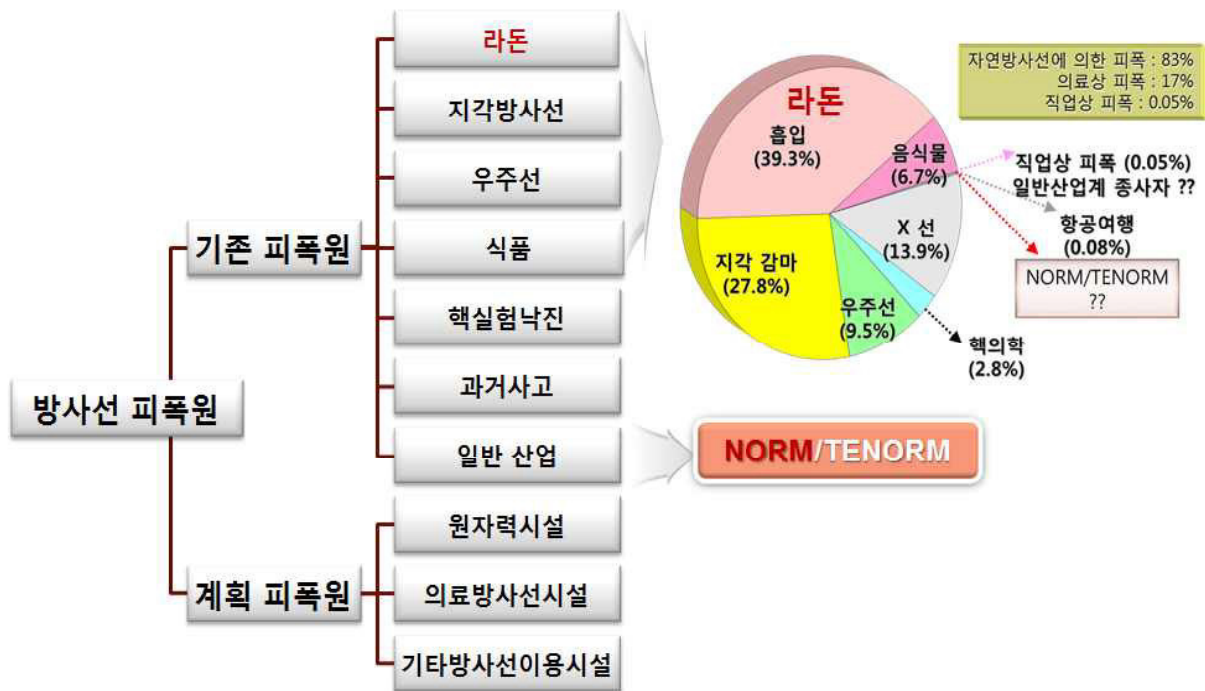
1. 라돈 등 생활방사선의 피폭원과 피폭량

● 사람에게 노출되는 생활방사선(자연+인공)을 피폭원으로 분류하면 다음과 같음(그림 1)

- 자연방사선의 피폭원으로는 라돈, 지각방사선, 우주방사선, 식품, 핵실험낙진, 일반산업 등이 있음
- 인공방사선의 피폭원으로 원자력시설, 의료방사선시설, 기타 방사선이용시설(제품이용) 등으로 구분함

● 일반적으로 사람에게 노출되는 생활방사선의 피폭량은 자연방사선이 약 83%, 인공방사선이 약 17%를 차지하고 있음(그림 1)

- 자연방사선 중에서 라돈 흡입이 39.3%로 가장 많았고 지각 감마가 27.8%, 우주방사선 9.5%, 음식물 6.7%의 순서임
- 인공방사선 중에서 의료방사선(X선)이 13.9%로 가장 많았고 그다음은 핵의학(원자력산업, 소비제품 등)이 2.8%인 것으로 나타남



[그림 1] 방사선(자연+인공)의 노출량

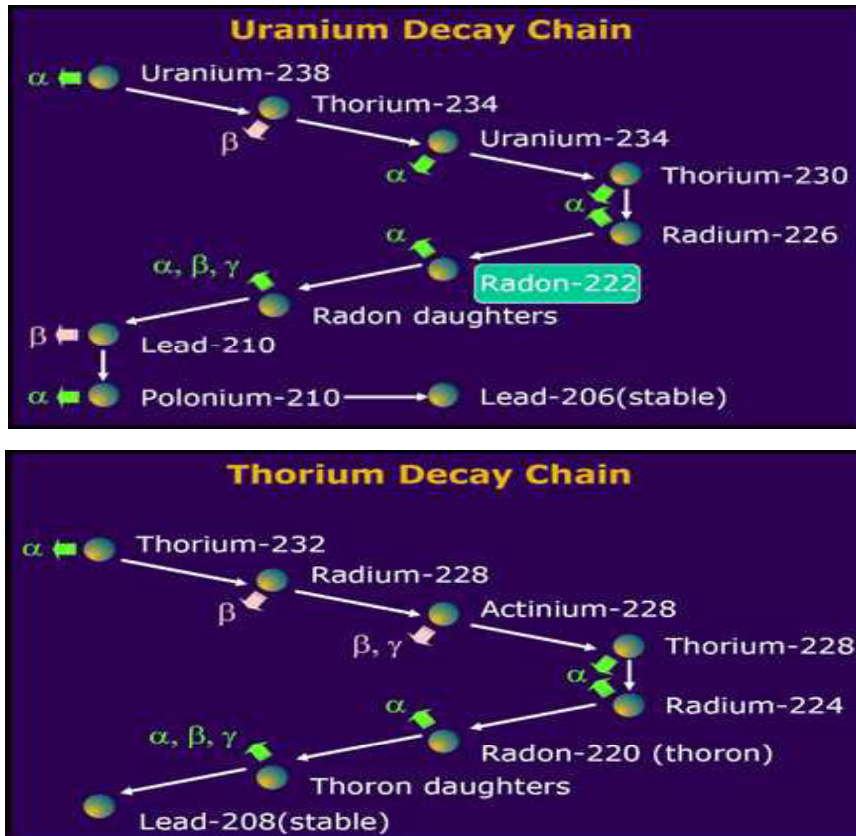
자료 : 한국원자력안전기술원, 2018

2. 라돈의 생성과정 및 주요 발생원

(1) 생성과정

- 생활방사선 중에서 노출되는 피폭량이 가장 많은 라돈(Rn)은 지각을 구성하는 암석이나 토양 중에 존재하는 우라늄(^{238}U), 토륨(^{232}Th)의 방사선 붕괴 사슬에서 생성되는 자연방사성 물질임(그림 2)
 - 라돈(^{222}Rn)은 우라늄의 붕괴 생성물인 라듐(^{226}Ra)이 붕괴하여 생성되며 라돈(^{220}Rn)은 토륨(^{232}Th)이 붕괴하면서 생성됨
 - 우리 주변에 존재하는 라돈(^{222}Rn)은 거의 모두가 원자량이 222g/mol 으로 가장 긴 반감기가 3.82일이며 라돈(^{220}Rn)의 반감기는 55.6초임

- 라돈(^{222}Rn), 라돈(^{220}Rn)과 이의 중간 생성물들은 높은 에너지의 α 입자를 방출하고 최종적으로 안정한 납(^{206}Pb), 납(^{208}Pb)이 되는데, 이 과정에서 β 선과 γ 선도 방출됨



[그림 2] 라돈-222(라돈)(위)과 라돈-220(토론)의 생성 과정

자료 : 한국원자력안전기술원, 2018

(2) 주요 발생원

- [암석이나 토양]라돈은 암석이나 토양에서 존재하다가 지층의 틈을 통해서 지표로 방출되면서 미세한 틈을 통해 건물·주택에 들어감
 - 실내에 존재하는 라돈의 약 85~97%는 암석이나 토양에서 발생된 가스가 건물 바닥이나 벽의 갈라진 틈을 통해 유입됨
 - 환기가 되지 않을 경우, 실내에 라돈의 농도가 축적되면서 실외 농도의 수십 배에서 수백 배 이상 높게 나타남

- [건축자재]우라늄과 토륨의 방사선 붕괴에서 생성된 라듐(Ra)은 콘크리트, 석고보드, 석면슬레이트 등 건축자재 중에 존재함
 - 석고보드 중에서 인산부산석고는 비료를 만들 때 인광석에서 인산을 뽑아내고 남은 물질로 라듐의 함량이 높아 라돈이 방출됨
 - 고농도의 라듐이 포함된 모래 또는 자갈로 만든 벽돌이나 콘크리트 등에서 라돈이 방출될 수 있음

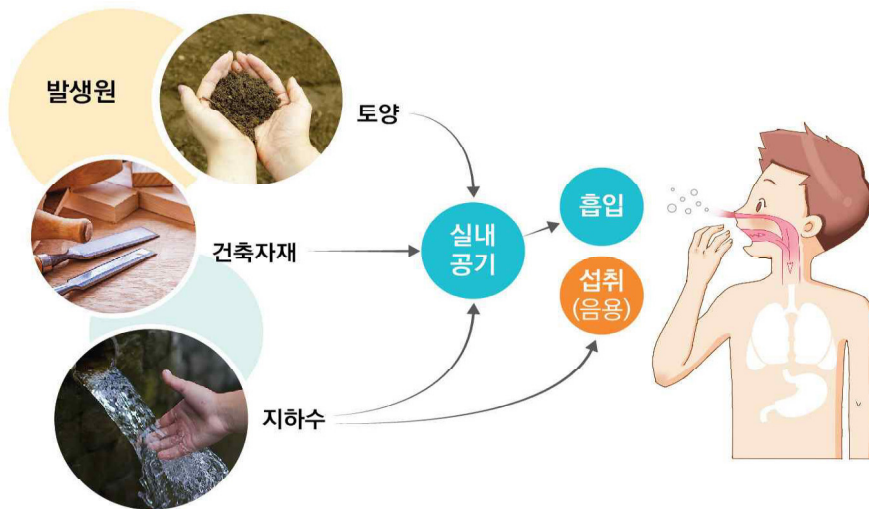
- [생활제품]생활용품의 원료로 사용되는 광물질로 인해 인체에 라돈이 노출될 수 있음
 - 최근 음이온을 발생시키는 원료로 사용된 모나자이트 등의 천연방사능 물질이 속옷, 입욕제, 침대, 온열매트 기기, 목걸이, 팔찌, 마스크와 같은 생활제품에 광범위하게 사용된 것으로 확인되어 논란이 되었음
 - 정부는 모나자이트 등 생활방사선 원료물질 사용 및 제품의 수입·유통·판매 과정에 대한 추적관리를 통해 문제점을 파악하고 제도개선 등의 대책을 마련하고 있음

- [지하수]자연적으로 발생한 우라늄과 라듐이 포함된 암석 주변으로 지하수가 흐르면서 라돈이 지하수로 녹아 들어갈 수 있음
 - 최근 2007년부터 2014년까지 우리나라 마을상수도 약 4,800개소를 대상으로 라돈농도를 조사한 결과, 화강암 지역과 일부 변성암 및 퇴적암 지역에서 라돈 농도가 높게 나타남
 - 라돈이 녹아있는 지하수를 식수로 할 경우에 대해 소화기관이나 암과의 역학적 국내·외 연구결과, 현재까지 유의미한 연관성이 증명되지 않았음

II. 라돈의 인체노출 주요경로 및 건강영향

1. 인체노출의 주요경로

- 인체에 노출되는 라돈의 약 95%는 공기 중에서 흡입을 통해 들어오고 약 5%는 라돈이 들어있는 지하수를 사용할 때 노출되는 것으로 알려져 있음
 - 실내에 존재하는 라돈의 약 90% 이상은 지반이 암석 및 토양에서 발생된 라돈 가스가 건물의 갈라진 틈을 통해 들어옴
 - 약 5%는 건축자재에 들어있는 라듐 등으로부터 발생하고 약 5%는 지하수에 녹아 있던 라돈이 실내로 유입되거나 식수로 사용하면서 노출될 수 있음



[그림 3] 라돈의 인체노출의 주요경로

자료 : 환경부

2. 인체에 미치는 건강영향

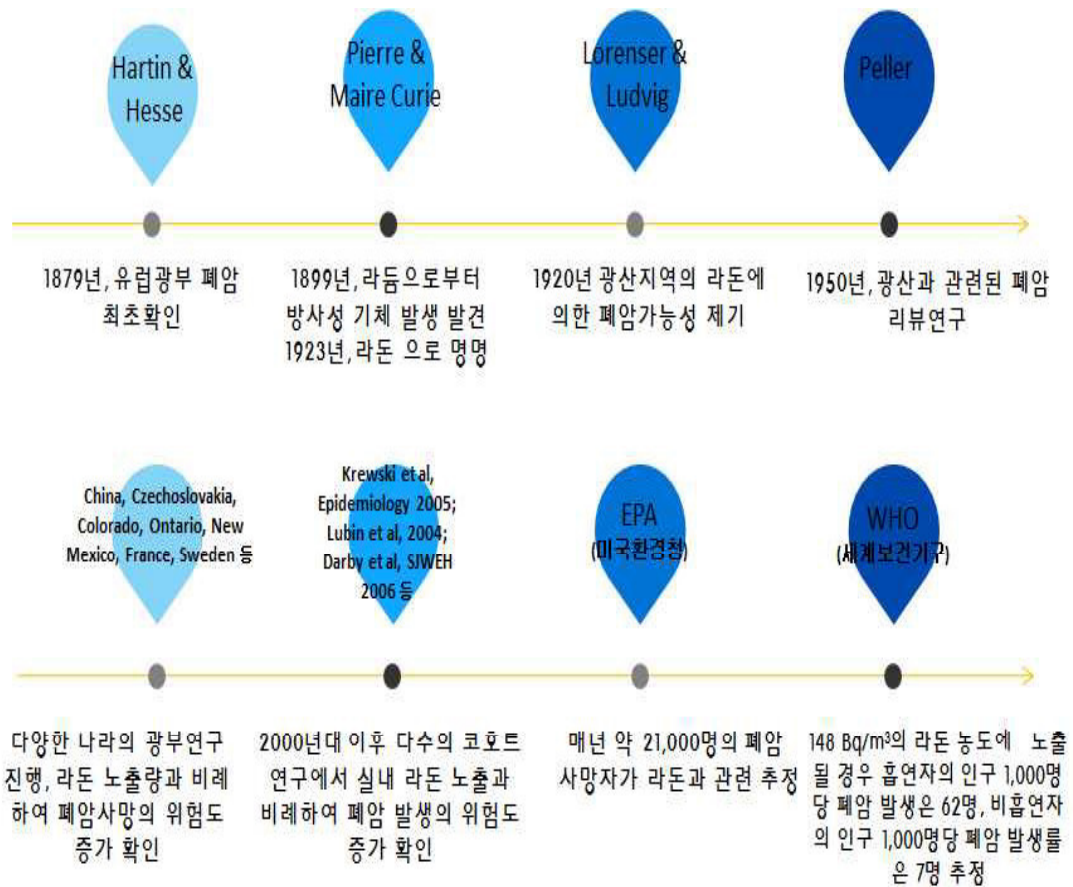
- 공기 중 흡입을 통해 인체에 들어온 라돈은 라돈 붕괴를 일으키면서 알파선을 방출하고 방출된 알파선은 폐 조직을 파괴하여 폐암을 일으키는 1급 발암물질임
 - 라돈의 건강영향은 1879년 유럽 광부에게서 최초로 폐암이 확인됨
 - 1920년 이후부터 광산지역 라돈에 의한 폐암 발생 가능성이 제기되기 시작하면서 다양한 연구를 통해 라돈이 폐암 발병의 두 번째 주요 원인인자로 밝혀짐
 - 다양한 나라의 광부 연구에서 라돈노출량과 비례하여 폐암사망의 위험도가 증가한다고 밝혀짐 (China, Czechoslovakia, Colorado, Ontario, New Mexico, France, Sweden 등)
 - 다수의 실내 라돈과 폐암연구에서 라돈 노출과 비례하여 폐암 발생의 위험도 증가한다고 밝혀짐 (Krewski et al, Epidemiology 2005; Lubin et al, 2004 ; Darby et al, SJWEH 2006 등)
 - 미국 환경보호청(EPA)에서는 매년 약 21,000 명의 폐암 사망자가 라돈과 관련이 있다고 추정함 (반면 음주운전 사고 17,400명, 돌연사 8,000명, 익사 3,900명)
 - 미국 환경보호청(EPA)에서는 폐암 발병원인별 연간사망자수 중에서 흡연 160,000명, 실내라돈 19,000명, 수중 라돈 160명인 것으로 추정하였음
- 다양한 연구를 통해 같은 농도의 라돈에 노출되었을 때 흡연자는 비흡연자에 비해 흡연과 라돈의 시너지 영향으로 폐암 발병의 위험도가 약 10배 높았음
 - 라돈 노출과 흡연과의 역학조사 결과, 흡연자의 라돈 노출에 따른 폐암의 절대 위험은 비흡연자·금연자에 비해 높았음. 비흡연자에게 있어서도 라돈 노출은 가장 주요한 폐암의 원임인 것으로 밝혀짐
 - 세계보건기구에서도 흡연 유무에 따른 폐암 발생률을 비교한 결과를 발표하였는데, 148 Bq/m³의 라돈 농도에 노출될 경우 흡연자의 인구 1,000명당 폐암 발생률은 62명이고, 비흡연자의 인구 1,000명당 폐암 발생률은 7명인 것으로 추정하였음

- 라돈 노출에 의한 폐암발병 이외에도 백혈병 등 조혈기계암, 뇌종양, 피부암, 심혈관계 질환에 대한 역학연구들이 진행되고 있으며 발암 가능성에 대한 증거가 축적되고 있음
 - 라돈과 어린이 백혈병·뇌종양과의 관련성 코호트 연구(스위스 코호트 연구, 2013; 노르웨이 코호트 연구, 2014)와 생태학적 연구, 환자대조군 연구 등에서 노출과 비례하여 위험도 증가
 - 라돈과 뇌종양과의 관련성 코호트 연구(덴마크 연구, 2015) 등에서 유의미한 결과가 도출 되었음
 - 영국의 암등록자료를 이용한 생태학적 연구에서 라돈과 피부암과의 관련성을 분석한 결과 유의미한 결과가 도출되었음(Benedict et al., 2012)
 - 프랑스 우라늄 광부를 대상으로 진행한 코호트 연구(Nusinovici et al., 2010)결과, 라돈 노출과 심혈관계 질환과의 관련성이 가능하다는 결과가 도출되었음

- 라돈 노출은 특히 어린이에게 더 취약함
 - 어린이들은 성인과 비교하였을 때 폐모양과 크기의 차이를 보이며 호흡수의 증가로 인해 호흡으로 노출되는 방사성의 양이 성인에 비해 더 높음
 - 라돈 노출은 폐암뿐만 아니라 특히 어린이에 있어 백혈병 등 조혈기계암을 일으킬 수 있다는 국내외 연구들이 축적되고 있음(스위스 코호트 연구, 2013; 영국의 환자대조군 연구, 2013 ; 노르웨이 코호트 연구, 2014 등)
 - 한국원자력안전기술원(2012년)은 국내 거주지역의 라돈 노출과 백혈병 및 비호지킨 림프종의 발생 위험간의 공간지리적 상관성을 분석한 결과, 여성에서 특히 만 20세 미만의 어린이청소년에서 라돈농도가 증가함에 따라 비호지킨 림프종의 발생위험이 증가함을 확인함

- 국제방사선방호위원회 등은 라돈 노출의 역치가 없다고 발표함
 - 현재까지 라돈이 발암성에 있어 역치에 대한 부분은 논란이 있지만 국제방사선방호위원회 등이 채용한 LNT가설(linear non-threshold hypothesis)¹⁾은 확정적 영향에는 ‘역치’가 없다고 발표함. 저선량 피폭의 영향에 대해서는 역치가 존재한다는 가설 등이 연구되고 있음
 - 확정적 영향에서의 라돈은 노출의 역치가 없으므로 라돈 농도가 높을수록 폐암 발생 위험은 높아짐(라돈 농도를 낮출수록 폐암의 상대위험도는 감소함)

1) 방사선 생물영향 중에서 발암 또는 유전적 영향에 있어서는 안전선량이 존재하지 않는다는 주장(LNT가설, linear non-threshold hypothesis, 무역치 직선가설)

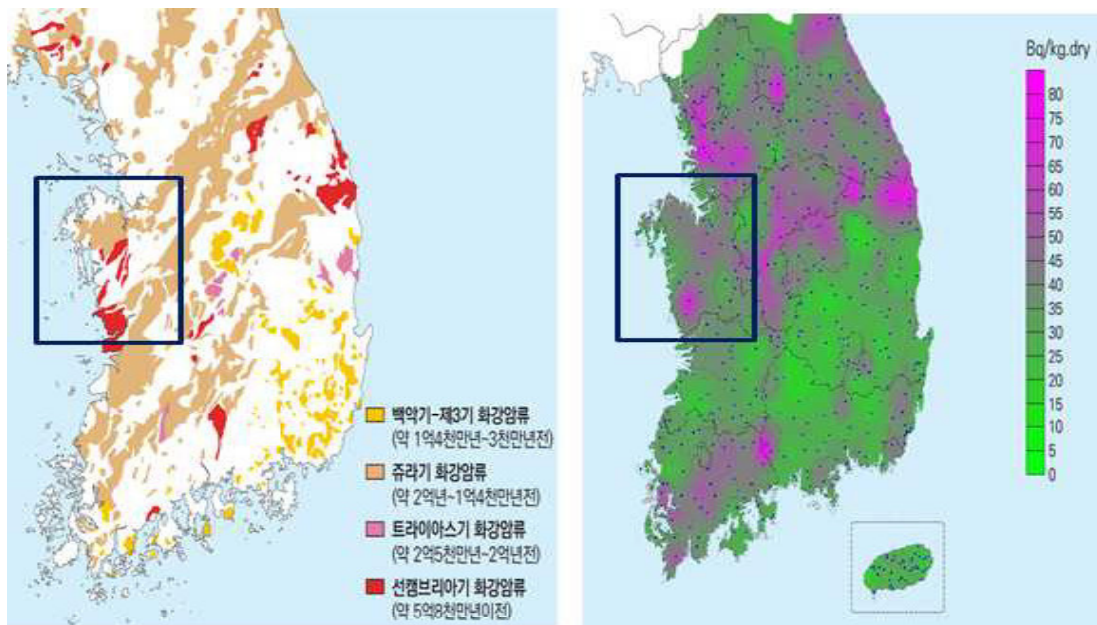


[그림 4] 라돈과 폐암 관련 주요 연구결과

Ⅲ. 전국과 충남의 라돈 분포 현황

1. 자연적 분포(지질학적) 현황

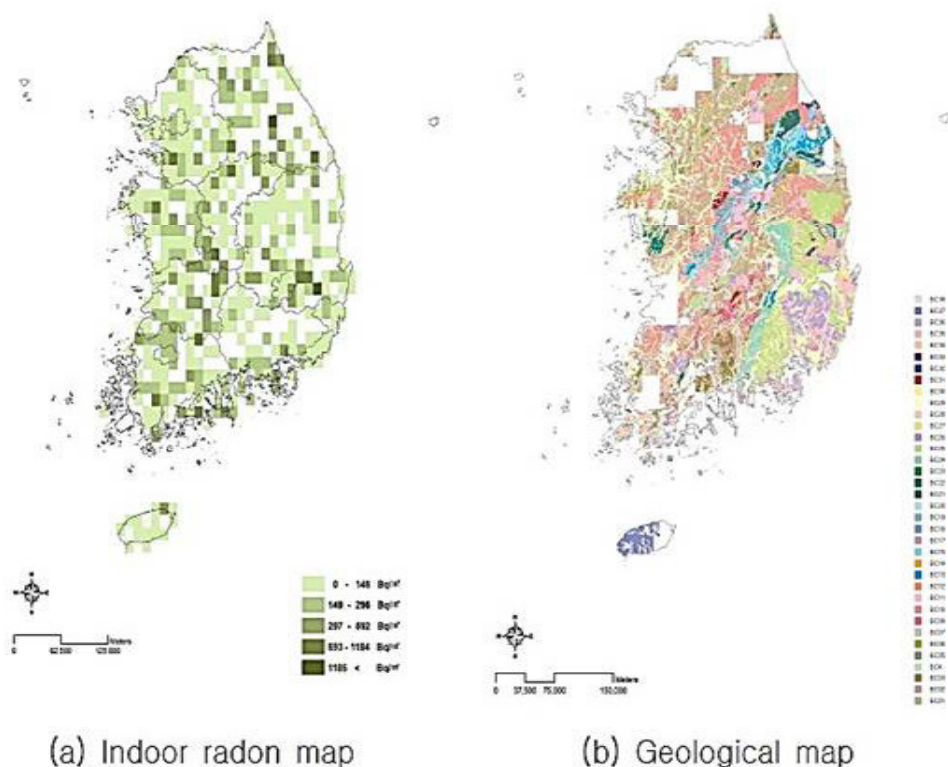
- 한국원자력안전기술원(2012년)은 우리나라의 화강암 지질대나 옥천단층지대에서 토양 중 라듐함량 분포가 높게 나타난다고 분석함(그림 5)
 - 화강암·편마암 지질대 또는 옥천단층 지대가 분포되어 있는 강원도, 전라북도, 충청북도에서 토양 중 라듐함량 분포가 높았음
 - 충남의 경우, 주라기와 선캄브리아 화강암류가 분포하고 있으며 토양 중 라듐함량 분포도가 비교적 높은 것으로 나타남



[그림 5]. 지질연대별 화강암 분포(왼쪽), 토양 중 라듐함량 분포도(오른쪽)

자료 : 한국원자력안전기술원, 2012

- 국립환경과학원(2012년)은 실내 라돈 농도 분포와 지질학적 특성의 상관성을 분석한 결과, 실내 라돈 농도와 지질도 자료는 광역 규모에서 유사한 분포 경향을 보였음²⁾
 - － 한국지질자원연구원에서 제공하는 표준지침에 따라 39개 암층 중 비교적 국내 분포면적이 넓은 지질의 종류 27개를 추출하여 각 지질의 분포와 실내 라돈 농도(토양에서 발생하는 라돈의 영향을 가장 많이 받는 겨울철 실내 라돈 농도 이용) 분포를 비교하였음
 - － 강원도, 충청북도, 전라북도, 전라남도 지역과 대구광역시 일부, 경기도 일부, 충청남도 일부 지역에서 고농도의 실내 라돈 농도를 보임. 이 지역은 편마암, 화강암류 등이 분포하는 지역임
 - － 실내 라돈 농도와 지질도 자료는 광역 규모에서 유사한 분포 경향을 보였으나 국지적인 규모에서는 직접적인 상관성을 확인할 수 없었음



[그림 6] 실내 라돈 농도 수준과 지질도 자료의 비교

자료 : 국립환경과학원, 2012

2) 실내 라돈 농도자료는 국립환경과학원에서 전국 주택을 대상으로 실시하는 실내 라돈 농도 자료를 활용하였고, 국내 지질정보는 한국지질자원연구원의 한국지체구조도와 수치지질도(1:50,000)를 이용하였음

2. 실내라돈 분포 현황

(1) 환경부

- 환경부(국립환경과학원)는 실내 라돈 관리 방안의 일환으로 2007년에 ‘실내 라돈관리 종합대책’을 수립하고 2008년부터 전국 실내 라돈조사를 추진하고 있음

– 2009년~2010년에는 공공시설과 다중이용시설, 2011년부터는 전국주택(단독주택, 다세대·연립주택, 아파트)을 대상으로 겨울철의 실내 라돈 농도를 조사하고 있음

[표 1] 환경부의 전국 실내 라돈조사 현황(2009년~2016년)

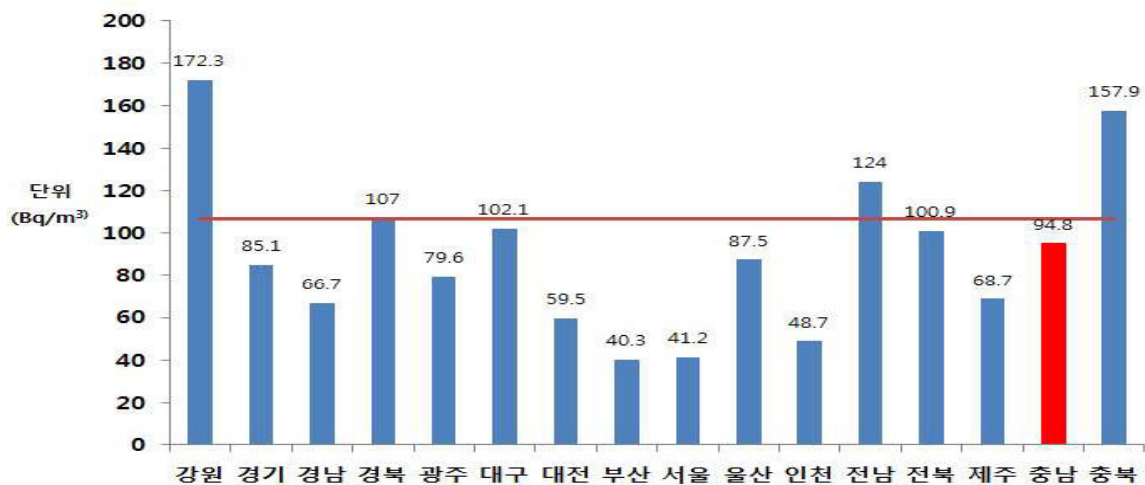
구분		대상	측정기간	범위	측정지점
2009년	봄	공공건물	2009.04 ~ 2009.06	시도	1100개소
	여름	공공건물	2008.06 ~ 2008.09	시도	1100개소
	가을	공공건물	2008.09 ~ 2008.12	시도	1100개소
	겨울	공공건물	2008.12 ~ 2009.04	시도	1100개소
2010년	봄	다중이용시설	2010.04 ~ 2010.06	시도	330개소
	여름	다중이용시설	2009.07 ~ 2009.09	시도	330개소
	가을	다중이용시설	2009.09 ~ 2009.12	시도	330개소
	겨울	다중이용시설	2009.12 ~ 2010.04	시도	330개소
2011년	봄	주택	2011.03 ~ 2011.06	시도	737개소
	여름	주택	2010.06 ~ 2010.09	시도	1,122개소
	가을	주택	2010.09 ~ 2010.12	시도	954개소
	겨울	주택	2010.12 ~ 2011.03	시도	833개소
2012년	겨울	주택	2011.12 ~ 2012.05	시도/시군구	7,885개소
2014년	겨울	주택	2013.11 ~ 2014.04	시도/시군구	6,648개소
2016년	겨울	주택	2015.11 ~ 2016.04	시도/시군구	7,940개소
주택전체			2012, 2014, 2016	시도/시군구	22,473개소

자료 : 국립환경과학원, 2018

① 전국

- [공공건물] 2009년(겨울철)의 전국 지자체별 공공건물 약 1,100개소의 실내 라돈 농도를 조사하였음(그림 7)

- 강원도가 172.3 Bq/m³로 가장 높았고 그 다음은 충북이 157.9 Bq/m³로 높았음
- 충남은 94.8 Bq/m³로 전국 평균 106.6 Bq/m³에 비해 11.8 Bq/m³ 낮았음

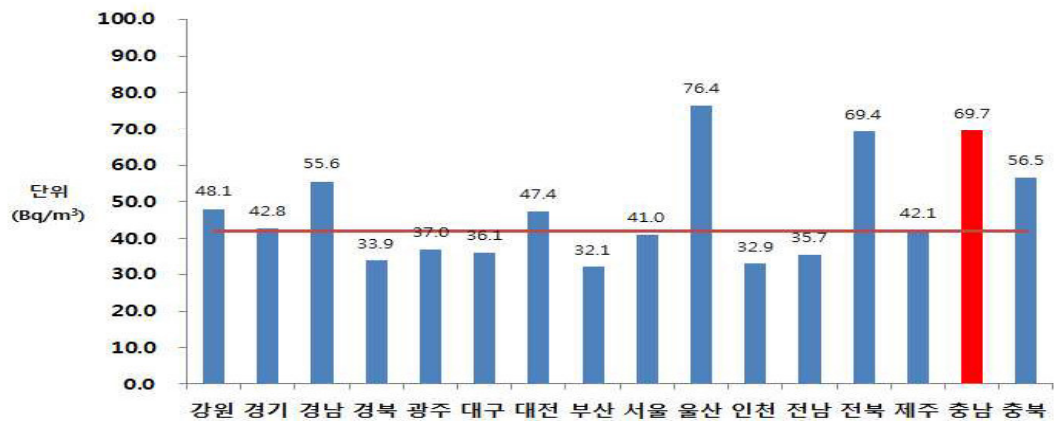


[그림 7] 지자체별 공공건물의 겨울철 라돈 농도 현황(2009년)

자료 : 생활환경정보센터 데이터 재분석

- [다중이용시설] 2010년(겨울철)의 전국 다중이용시설 약 330개소의 실내 라돈 농도를 조사하였음(그림 8)

- 울산광역시가 76.4 Bq/m³로 가장 높았고 그 다음은 충남이 69.7 Bq/m³로 높았음
- 충남은 전국 평균 42.1 Bq/m³에 비해 27.6 Bq/m³이 더 높았음

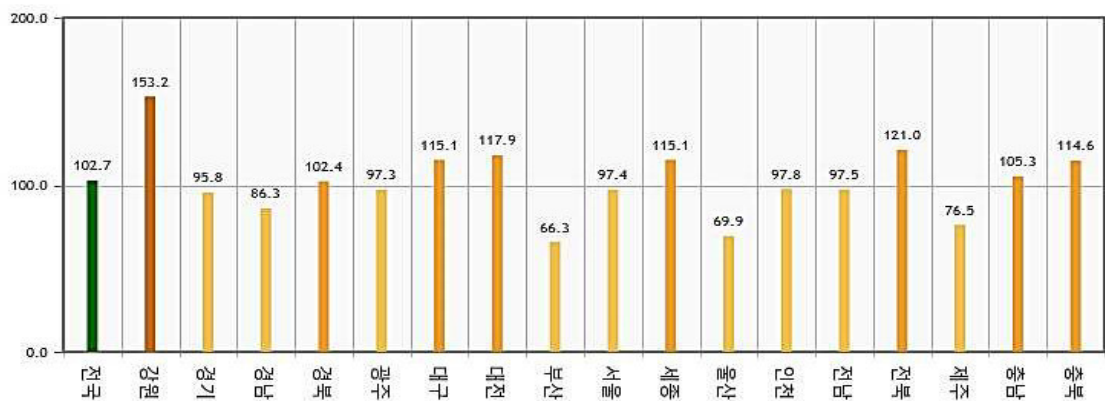


[그림 8] 다중이용시설의 겨울철 라돈 농도 현황(2010년)

자료 : 생활환경정보센터 데이터 재분석

- [단독주택] 2015년~2016년(겨울철)의 전국 단독주택 6,509호의 실내라돈 농도를 조사하였음(그림 9)

- 강원도가 153.2 Bq/m³로 가장 높았고 그 다음은 전북이 121.0 Bq/m³로 높았음
- 충남은 105.3 Bq/m³로 전국 평균 102.7 Bq/m³에 비해 2.6 Bq/m³이 높았음

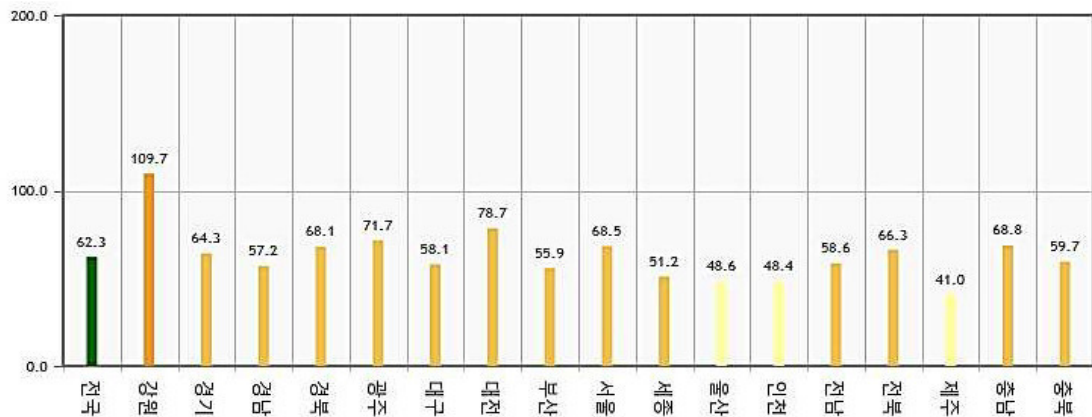


[그림 9] 전국 단독주택의 겨울철 라돈 농도 현황(2016년)

자료 : 생활환경정보센터

- [연립·다세대] 2015년~2016년(겨울철)의 전국 연립·다세대 1,431호의 실내라돈 농도를 조사하였음(그림 10)

- 강원도가 109.7 Bq/m³로 가장 높았고 그 다음은 대전이 78.7 Bq/m³로 높았음
- 충남은 68.8 Bq/m³로 전국 평균 62.3 Bq/m³에 비해 6.5 Bq/m³이 높았음



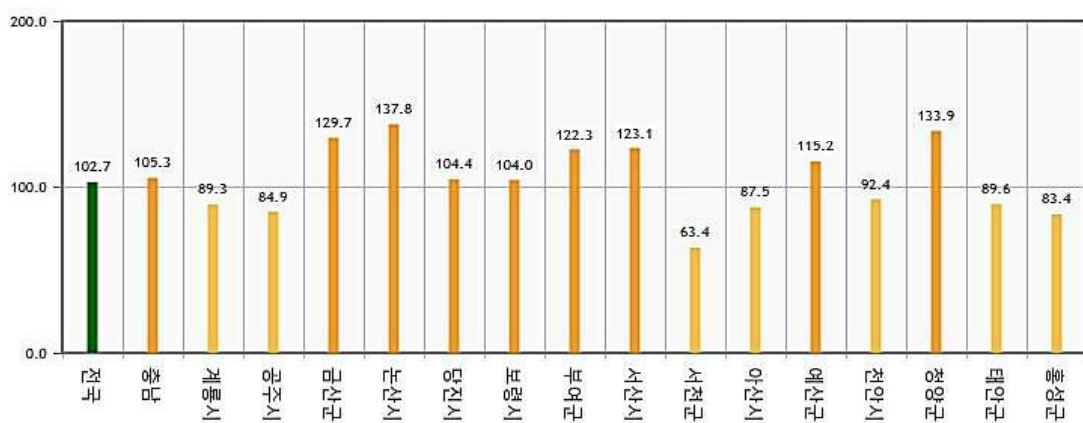
[그림 10] 전국 연립·다세대의 겨울철 라돈 농도 현황(2016년)

자료 : 생활환경정보센터

② 충남

● [단독주택] 2015년~2016년(겨울철)의 충남 단독주택 실내라돈 농도를 조사하였음(그림 11)

- 논산시가 137.8 Bq/m³로 가장 높았고 그 다음은 청양군이 133.9 Bq/m³, 금산군이 129.7 Bq/m³의 순서로 높았음
- 전국 평균 102.7 Bq/m³에 비해 라돈 농도가 높은 시·군은 금산군, 논산시, 당진시, 보령시, 부여군, 서산시, 예산군, 청양군 이었음

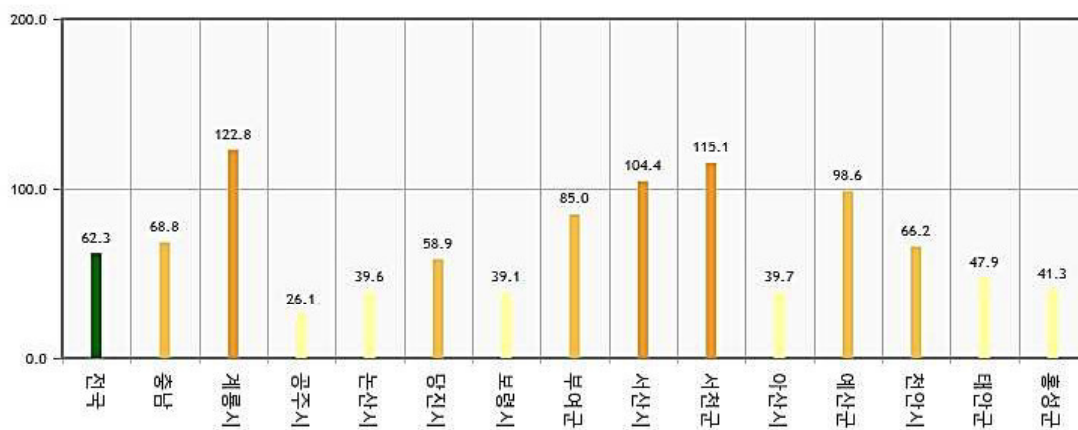


[그림 11] 충남 단독주택의 겨울철 라돈 농도 현황(2016년)

자료 : 생활환경정보센터

● [연립·다세대] 2015년~2016년(겨울철)의 충남 연립·다세대의 실내라돈 농도를 조사(그림 12)

- 계룡시가 122.8 Bq/m³로 가장 높았고 그 다음은 서천군이 115.1 Bq/m³, 서산시가 104.4 Bq/m³의 순서로 높았음
- 전국 평균 62.3 Bq/m³에 비해 라돈 농도가 높은 시·군은 계룡시, 부여군, 서산시, 서천군, 예산군, 천안시 이였음



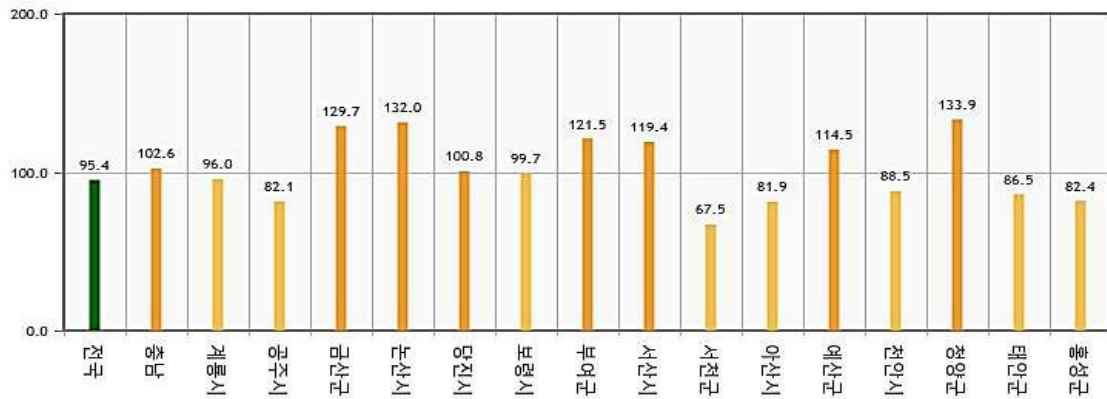
[그림 12] 충남 연립·다세대의 겨울철 라돈 농도 현황(2016년)³⁾

자료 : 생활환경정보센터

● [단독주택+연립·다세대] 2015년~2016년(겨울철)의 충남 단독주택과 연립다세대 642호의 실내라돈 농도를 종합한 결과는 다음과 같음(그림 13)

- 청양군이 133.9 Bq/m³로 가장 높았고 그 다음은 논산시가 132.0 Bq/m³, 금산군이 129.7 Bq/m³의 순서로 높았음
- 전국 평균 95.4 Bq/m³에 비해 라돈 농도가 높은 시·군은 계룡시, 금산군, 논산시, 당진시, 보령시, 부여군, 서산시, 예산군, 청양군 이였음

3) 청양군과 금산군은 조사대상에서 빠짐

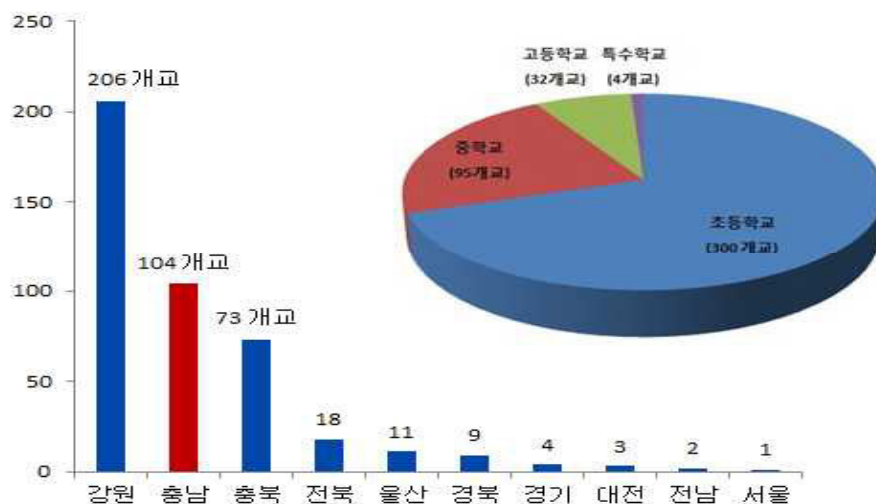


[그림 13] 충남의 주택(단독+연립·다세대)의 겨울철 라돈 농도 현황(2016년)

자료 : 생활환경정보센터

(2) 교육부

- 교육부가 2017년에 전국 학교(초중고)의 실내 공기질을 측정한 결과, 148 Bq/m³의 기준치를 초과한 학교는 전국 12,072 개 중 431개교였음(2018.06 기준)
 - 강원도가 206개교로 가장 많았고 그 다음은 충남이 104개교, 충북이 73개교의 순서로 많았음
 - 기준치를 초과한 초등학교의 경우, 강원도는 140개교이고 충남은 55개교로 두 번째로 많았음



[그림 14] 전국의 실내라돈 기준치 초과 학교수

자료 : 노웅래 국회의원실 자료 재구성(2018.06 기준)

IV. 라돈 등 생활방사선 관리현황

1. 생활제품 속 방사선 관리

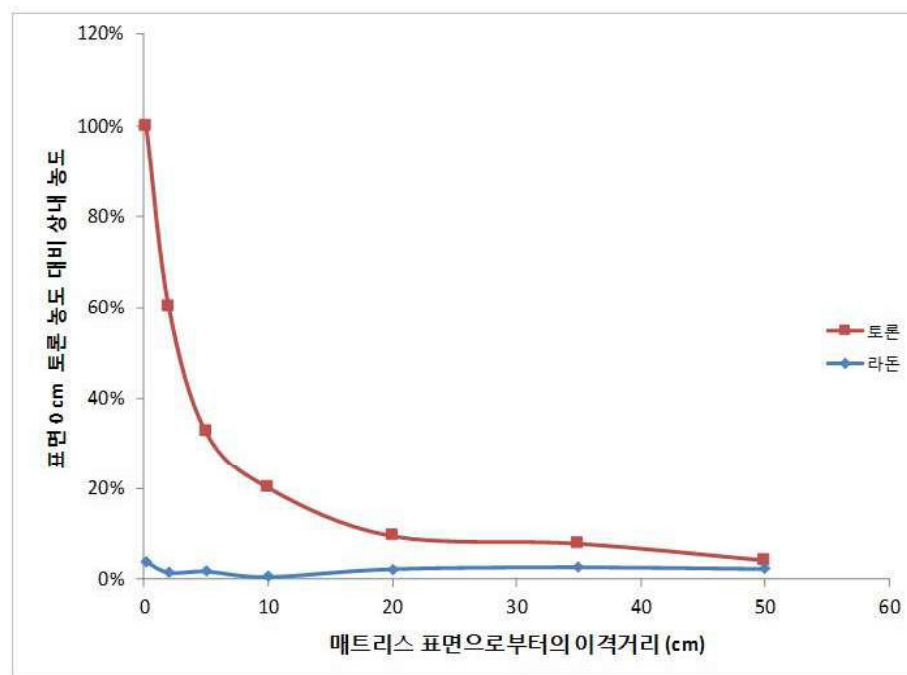
(1) 문제가 대두된 배경

- 소비자가 국내 D사 침대 매트리스의 라돈 측정을 의뢰한 결과, 매트리스의 가로 세로 30 cm 샘플에서 620 Bq/m³ 라돈이 방출되는 것으로 확인되면서 문제가 제기됨
 - － 신뢰성을 확보하기 위해 국가 공인기관인 한국표준과학연구원서 정밀 분석한 결과, 라돈의 모핵종인 우라늄과 토륨이 다량 함유된 것으로 파악됨
 - － 모나자이트⁴⁾를 원료로 한 희토류파우더가 침대의 속커버 또는 스펀지에 첨가하여 사용하면서 모나자이트 내 존재하는 천연방사성핵종의 딸핵종 중 기체인 라돈 및 토론이 방출되어 사용자에게 방사선 피폭을 유발함
- 원자력안전위원회(원안위)는 조사에 착수한 후 5월 25일에 최종 결과를 발표하였음
 - － 침대에 대한 피폭선량 평가결과, 측정값은 1.37에서 13.74 mSv/y로 모델별로 상의하였으나 총 21종의 모델에서 기준치를 넘는 피폭량이 확인되었음
 - － 측정방법은 시트 등 아무것도 덮지 않은 매트리스 위 2 cm 지점에서 코를 대고 매일 10시간 동안 생활한다는 것을 가정하여 실시함
 - － 피폭선량의 가장 주요 원인은 토론의 특징으로 시트의 유무와 거리에 따라 선량이 현저히 낮아짐을 확인함
 - － 관계부처는 침대 리콜 지원 및 침대 사용자에게 대한 의료상담지원을 실시함

4) 희토류 원광 및 토륨광으로 지각방사선인 라돈 및 토론을 방출하는 광물임

(2) 침대와 관련된 라돈의 종류(라돈-222, 라돈-220)

- 우라늄 붕괴 계열 핵종인 라듐-226에서 생성되는 라돈-222(라돈)과 토륨-232 계열 핵종의 라듐-224에서 생성되는 라돈-220(토론)이 방출됨
 - 라돈-222(라돈)과 라돈-220(토론)은 같은 라돈이기 때문에 라돈이라 불리지만, 반감기 및 주요 배출원 등이 다르므로 저감대책도 구분되어야 함
 - 침대 음이온 파우더(모나자이트)에 우라늄과 토륨은 1:10으로 존재하므로 매트리스에서 방출되는 라돈은 라돈-220(토론)이 주를 이룸
 - 실내공간의 라돈-222(라돈) 배출원은 주로 건물의 토양, 암석 등이므로 실내 유입을 차단해야 하나 라돈-220(토론)의 주요 배출원은 건축자재에서 유입되므로 건축자재를 교체하여야 함
 - 라돈-220(토론)의 반감기는 55.6초이므로 라돈-220(토론)의 경우는 환기로는 저감하기가 어렵지만 반감기가 짧기 때문에 시트 유무에 따라 피폭량이 현저히 저감됨이 확인됨



[그림 15] 라돈-220(토론)의 이동거리

자료 : 한국원자력안전기술원, 2018

(3) 「생활주변방사선 안전관리법」 미비

- 2007년에 이미 건강 침대에 사용되는 방사선 노출문제가 야기되면서 정부는 일상생활 속에서 피폭될 수 있는 방사선의 안전관리를 위해 「생활주변방사선 안전관리법」을 제정·시행하였음(2012.07 시행)
- 이 법에서 생활주변 방사선을 다음과 같이 규정하고 있음
 - 원료물질, 공정부산물 및 이를 이용하여 생산된 제품(가공제품) 내에 자연적으로 존재하는 방사성핵종(천연방사성핵종)에서 방출되는 방사선
 - 태양 또는 우주에서 지구로 들어오는 방사선(우주방사선)
 - 지구표면의 암석 또는 토양에서 방출되는 방사선(지각방사선)
 - 재활용고철 내 포함된 방사성물질로 인하여 방출되는 방사선
- 라돈은 「생활주변방사선 안전관리법」에 포함되어 있지 않으며, 환경부의 실내 공기질 관리차원에서 관리되고 있었음
 - 그동안 라돈은 실내 공기질 차원에서 관리되었기 때문에 원자력안전위원회는 가공제품 피폭선량 평가에서 라돈에 의한 내부피폭선량은 고려하지 않았음(제품에 대한 라돈기준은 사실상 부재)
 - 이 법에 근거하여 천연방사성핵종이 포함된 원료물질 취급자는 등록·신고 의무를 수행하도록 하였으나 라돈이 포함된 가공제품 제조업자에게는 등록의 의무가 없었음
 - 라돈이 포함된 가공제품 제조업자에게 등록의 의무가 없었기 때문에 모나자이트와 같은 원료물질이 가공되어 2차, 3차 판매될 경우 유통사실을 파악할 수 없음
 - 수입 유통의 경우, 원료물질 수입자만 등록의무가 있고 가공제품 수입자는 의무가 없기 때문에 사각지대 발생함
 - 조사·감시체계 역시 수많은 가공제품 중 연간 실태조사는 약 100건 등으로 조사체계의 실효성에 한계가 있음

(4) 「생활주변방사선 안전관리법」 개정 및 생활방사선 제품안전 대책 강화

- 일명 ‘라돈 침대’ 문제가 제기되면서 생활제품 속 방사선을 안전하게 관리하기 위한 법과 제도 정비에 대한 사회적 요구들이 증가하였음
- 이에 국무조정실을 중심으로 원자력안전위원회·환경부·산업부·관세청 등 관계부처는 그동안의 논의를 거쳐 생활방사선 제품안전 강화대책을 발표함(2018.11.22.)
- [천연방사성 원료물질의 부적합한 사용 및 유통 방지] 천연방사성 원료물질 수입·판매에서 가공제품 제조·유통까지 사전관리 강화
 - － 현재 원료물질 수입·판매자에게만 적용되었던 등록 제도를 원료물질을 이용한 가공제품 제조·수입업자까지 확대(안전기준을 충족하는 경우에만 등록 허용)
 - － 원료물질은 등록업체 간에만 거래를 허용하여 원료물질의 불법·무단 유통을 방지함
 - － 침대·장신구 등과 같이 신체에 장시간 밀착 사용되는 제품은 원료물질의 사용을 원천적으로 금지함
 - － ‘음이온’ 목적으로 원료물질을 사용한 가공제품의 제조 및 수입도 금지하고 마치 건강 또는 환경에 유익한 것처럼 홍보하는 행위도 금지함
 - － 원안위는 11월 2일부터 한국원자력안전기술원에 생활방사선안전센터를 설치하고 과거 수입·제조되어 유통된 부적합 의심제품을 상시 신고·접수 받아 조사하는 체계를 구축·운영하고 있음(신속한 수거 및 처리를 위해 원안위 요청에 따라 중앙행정기관·지자체·유통업체가 협조·지원하는 체계도 검토하고 있음)
- [부적합 제품에 대한 사후관리 강화] 부적합 제품에 대한 조치 사각지대 해소와 안전한 폐기방안 마련
 - － 부적합 제품 발견 즉시 해당제품 판매 중지 및 위반사업자에 대한 벌칙, 과징금 등 처벌 강화
 - － 해외구매 제품, 제조업체 파산 등 조치 주체가 없는 경우는 원안위가 지자체 등과 협조하여 조치
 - － 방사능 농도에 따라 단계별 폐기방안 마련(제품 처리기준 연구용역 추진中)

－ 소각, 매립 등 폐기방법의 방사선 환경영향이 국제기준(0.3 mSv) 이하로 평가될 경우 승인

● [기반강화] 규제 이행기관 일원화 및 조사·분석 역량 확충

- － 현재 이원화되어 있던 원료물질과 가공제품 등 생활방사선 실태조사 체계를 2019년부터 한국 원자력안전기술원으로 일원화하여 관리함
- － 생활방사선안전센터를 상설화하고 인력 및 장비 확충(15명→47명, 100개→500개)
- － 원료물질 취급·관리 종사자에게 건강진단 및 교육 실시 의무화

● [해외직구제품 측정서비스 사업시행] 2018년 12월부터 2019년 6월까지 한시사업으로 해외직구 라텍스에 대해 측정서비스 제공

- － 생활방사선안전센터에 신청하면 직접 방문하여 측정서비스 제공
- － 부적합제품 판정시 사용중단 권고 및 배출방법 안내(지자체가 수거·보관, 제도개선 이후 폐기)

● 생활방사선 제품안전 강화대책의 시행을 위한 생활방사선법을 2018년까지 개정하고, 하위 규정 정비를 2019년 상반기까지 완료하여 하반기부터 안전대책 본격시행 예정임

2. 실내공기질 관리

(1) 교육부

① 라돈 공기질 관리

● 교육부는 다음의 과정을 통해 학교 내 라돈 공기질을 관리하고 있음

- 학교 내 공기질 중 라돈 유지관리기준 신설(2006년)
- 환경부 주관으로 전국 661개교 표본학교 선정 후 라돈 지도 작성(2008년~2009년)
- 교육부 주관으로 고농도 지역 내 초등학교 대상 정밀조사 실시(2010년)
- 교육부 주관으로 고농도 의심지역 내 전체학교인 360개교 대상 실태조사(2014년)
- 학교 라돈 관리 요령 마련 및 교육(2015년)
- 학교 내 공기질 중 라돈 유지·관리 기준 개정(2017년) : 대상 교실을 1층 이하 교실로 확대하고 기준을 148 Bq/m³로 변경

● 유치원, 초등학교, 중학교, 고등학교, 특수학교 등의 대상 시설의 실내공기 중 라돈관리는 「학교보건법」에 따라 시행되고 있음

- 별표 4의 2<개정 2018.03.27.> 공기 질 등의 유지·관리기준

공기 질 등의 유지·관리기준(제3조제1항제3호의2 관련)

1. 유지기준

오염물질 항목	기준(이하)	적용 시설	비 고
가. 미세먼지	35 μ g/m ³	모든 교실	직경 2.5 μ m 이하 먼지
	100 μ g/m ³	모든 교실	직경 10 μ m 이하 먼지
나. 이산화탄소	1,000ppm	모든 교실	해당 교실이 기계 환기장치를 이용하여 주된 환기를 하는 경우 1,500ppm이하
다. 폼알데하이드	100 μ g/m ³	모든 교실	
라. 총부유세균	800CFU/m ³	모든 교실	
마. 낙하세균	10CFU/실	보건실·식당	

마. 일산화탄소	10ppm	개별 난방 교실 및 도로 변 교실	난방 교실은 직접 연소 방식의 난방 교실로 한정
사. 이산화질소	0.05ppm	개별 난방 교실 및 도로 변 교실	난방 교실은 직접 연소 방식의 난방 교실로 한정
아. 라돈	148Bq/m³	1층 이하 교실	
자. 총휘발성유기화합물	400µg/m³	건축한 때부터 3년이 경 과되지 아니한 학교	건축에는 증축 및 개축 포함
차. 석면	0.01개/cc	「석면안전관리법」 제 22조제1항 후단에 따른 석면건축물에 해당하는 학교	
카. 오존	0.06ppm	교무실 및 행정실	적용 시설 내에 오존을 발생시키 는 사무기기(복사기 등)가 있는 경우로 한정
타. 진드기	100마리/m²	보전실	

② 2017년 전체 학교(초중고) 대상 실내공기질(라돈) 조사결과 발표 후 제기된 문제

● 라돈 측정시기와 측정방법, 측정 장치에 대한 문제(측정값의 신뢰성에 대한 문제)

- 교육부는 학교보건법에 따라 연중 1회(4월~6월 또는 9~11월) 90일 이상 측정기로 측정하여 평균값을 산출하여 라돈 농도를 측정하지만, 라돈 농도는 가을~겨울에 가장 높기 때문에 측정시기를 조정하는 것이 필요하다는 지적
- 라돈 농도를 측정하는 방식은 수동형과 능동형으로 구분하지만 가격이 저렴하고 외부 전원을 사용하지 않아 3개월 이상 장기측정이 필요한 수동형 측정 장치를 통해 주로 라돈 농도를 파악하고 있음
- 그러나 라돈 측정에 대한 형식승인은 자동측정기인 능동형 측정 장비에 부여되어 있어 측정값이 신뢰성에 대한 문제가 제기됨

● 라돈 측정 유지기준에 대한 문제

- 학교 교실의 라돈 유지기준은 148 Bq/m³ 이하로 되어있으나 정밀 측정 및 저감조치를 하는 관리지침은 4배가 넘는 600 Bq/m³ 이상으로 되어있음

③ 학교 교실 라돈 관리 매뉴얼 개정(안)

- 교육부는 라돈의 실내 공기질 관리를 위해 다음과 같이 매뉴얼을 개정할 계획임
 - 검사방법 : 1차를 연속측정방법으로 측정할 경우에도 90일 이상 실시
 - 측정시기 : 3~6월, 9~12월 중 선정하여 90일 이상 측정, 매년 측정시기는 달리 적용
 - 저감조치 : 생활시간대 농도가 148 Bq/m³이상일 경우 환기, 시설개선, 저감시설 설치 등의 후속관리조치를 시행함

(2) 환경부

① 관련법(「실내공기질 관리법」)

- 제 11조의 7(실내라돈조사의 실시)
 - 환경부장관은 라돈(radon)의 실내 유입으로 인한 건강피해를 줄이기 위하여 실내공기 중 라돈의 농도 등에 관한 조사(이하 "실내라돈조사"라 한다)를 실시할 수 있음
 - 환경부장관은 특정 지역에 대하여 실내라돈조사가 필요한 경우에는 해당 지역을 관할하는 시·도지사에게 그 조사를 실시하게 할 수 있음
 - 시·도지사는 실내라돈조사를 실시한 경우에는 그 결과를 환경부장관에게 보고하여야 함
 - 환경부장관은 시·도지사에게 실내라돈조사에 필요한 기술적·행정적·재정적 지원을 할 수 있음
- 제 11조의 8(라돈지도의 작성)
 - 환경부장관은 실내라돈조사의 실시 결과를 기초로 실내공기 중 라돈의 농도 등을 나타내는 지도(이하 "라돈지도"라 한다)를 작성할 수 있음
 - 라돈지도의 작성기준, 작성방법 및 제공 등에 필요한 사항은 환경부령으로 정함
- 제 11조의 9(라돈관리계획의 수립·시행 등)
 - 환경부장관은 실내라돈조사의 실시 및 라돈지도의 작성 결과를 기초로 라돈으로 인한 건강피

해가 우려되는 시·도가 있는 경우 「환경보건법」 제9조에 따른 환경보건위원회의 심의를 거쳐 해당 시·도지사에게 5년마다 라돈관리계획(이하 "관리계획"이라 한다)을 수립하여 시행하도록 요청할 수 있음. 이 경우 시·도지사는 특별한 사유가 없으면 지역주민들의 의견을 들어 관리계획을 수립하여야 함

－ 관리계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 함

1. 다중이용시설 및 공동주택 등의 현황
2. 라돈으로 인한 실내공기오염 및 건강피해의 방지 대책
3. 라돈의 실내 유입 차단을 위한 시설 개량에 관한 사항
4. 그 밖에 라돈관리를 위하여 시·도지사가 필요하다고 인정하는 사항

－ 시·도지사는 관리계획을 수립한 경우 그 내용 및 연차별 추진 실적을 대통령령으로 정하는 바에 따라 환경부장관에게 보고하여야 함

－ 환경부장관은 시·도지사에게 관리계획의 시행에 필요한 기술적·행정적·재정적 지원을 할 수 있음

● 제 11조의 10(라돈저감공법의 사용 등 권고)

－ 시·도지사는 해당 시·도 내에서 라돈으로 인하여 건강상 위해가 우려되는 지역이 있는 경우에는 그 지역에서 다중이용시설 또는 공동주택 등을 설치(기존 시설 또는 주택 등의 개수 및 보수를 포함한다)하는 자에게 라돈의 실내 유입을 줄이기 위한 공법을 사용하는 등의 필요한 조치를 하도록 권고할 수 있음

－ 시·도지사는 해당 시·도 내 라돈 농도가 높은 다중이용시설 또는 공동주택 등의 소유자등에게 실내 라돈 농도를 환경부령으로 정하는 기준에 맞게 관리하도록 권고할 수 있음

② 실내 라돈 관리 방안

● 환경부는 「실내공기질 관리법」을 개정하여 라돈 등에 대한 관리체계를 강화(2016년)

－ 공동주택에서의 라돈관리 권고기준을 200 Bq/m³로 설정(시행규칙 제10조의 12)

※ 2020년부터 148 Bq/m³로 강화 시행

－ 신축 공동주택 실내 공기질 측정항목에 라돈 추가(시행규칙 제7조제2항)

※ 다중이용시설 권고기준 : 148 Bq/m³, 신축 공동주택 권고기준 : 200 Bq/m³

● 환경부는 효율적인 실내라돈 관리를 위해 실내 라돈 조사 및 지도 작성, 라돈관리계획 수립, 라돈저감공법 사용 권고, 대국민서비스를 중심으로 정책을 수행하고 있음

－ [실내라돈조사 및 지도 작성] 법 제11조의 7 및 8에 의거하여 건강피해를 줄이기 위해 실내라돈조사 실시 및 라돈 농도지도를 작성하고 있음

－ [라돈관리계획 수립] 법 제11조의 9에 의거하여 라돈조사 및 농도 지도를 기초로 건강피해가 우려되는 경우 해당 지자체에 라돈관리계획 수립·시행을 요청할 수 있음(환경부 장관은 시도지사에게 라돈 조사 및 관리계획 수립시행에 필요한 기술적·행정적·재정적 지원을 할 수 있음)

－ [라돈저감공법 사용권고] 법 제11조의 4에 의거하여 라돈으로 인한 건강피해가 우려되는 경우 해당 지자체 장은 다중이용시설과 공동주택 설치자에게 저감공법 사용을 권고함

－ [대국민서비스] 전국 주택 라돈농도 조사와 실내 라돈 무료 측정 및 라돈 저감 서비스를 실시하고 있음

<전국 주택 라돈 농도 조사>	<실내 라돈 무료 측정 및 라돈 저감 서비스>
❖ 학교, 관공서('08 ~ '09), 주택('10 ~) ❖ 병영시설('12 ~ '13) 라돈 조사 실시 ❖ '11년부터 라돈 농도가 높은 주택 대상으로 '전국 주택 라돈실태 조사' 실시 ✓ 단독주택 > 연립·다세대 주택 > 아파트 순 ✓ 지역은 강원, 전북, 충북, 대전 순 ➢ 저질대(화강암, 편마암 등)의 영향 ✓ 고농도지역은 집중조사 및 저감시공 실시 중	❖ 라돈 취약주택에 대하여 측정 및 컨설팅 지원 ✓ '16년부터 주민공동이용시설까지 대상 확대 ❖ 1층 이하의 주택 거주자를 대상으로 라돈농도를 무료 측정하고, 고농도 주택은 라돈 알람기 설치, 저감시공 지원(희망자)

V. 라돈(생활방사선) 노출저감을 위한 충남의 정책과제

1. 충남의 노력들

- 충청남도는 건강취약계층 이용시설의 실내공기질 측정·컨설팅 사업의 일환으로, 2012년부터 다중이용시설 관리기준 면적(430m²) 미만 보육시설을 대상으로 실내공기질 무료 측정 및 저감방안을 교육하고 있음
- 2012년부터 2016년까지 5년간 227개소를 대상으로 미세먼지(PM10), 이산화탄소, 폼알데하이드, 총부유세균, 휘발성유기화합물을 무료로 측정하였음
- 2016년도부터는 라돈도 추가하여 실내공기질을 무료로 측정하고 기준을 초과할 경우 저감방안을 교육해오고 있음

[표 2] 2016년 충남소재 보육시설 실내 라돈 조사 현황

지역	라돈(Bq/m ³)
천안(n=60)	27.75 ± 18.39
공주(n=9)	37.33 ± 17.07
보령(n=7)	21.00 ± 12.70
아산(n=58)	36.47 ± 19.54
서산(n=11)	38.00 ± 21.65
논산(n=60)	27.33 ± 22.02
계룡(n=6)	40.33 ± 23.04
당진(n=18)	27.00 ± 12.44
금산(n=5)	47.60 ± 22.31
부여(n=4)	79.50 ± 37.08

서천(n=60)	30.75 ± 17.75
청양(n=4)	42.75 ± 28.16
홍성(n=5)	75.00 ± 44.87
예산(n=5)	66.80 ± 32.57
태안(n=2)	39.50 ± 9.19

자료 : 순천향대, 2018

2. 라돈 노출실태 파악

- 한국원자력안전기술원과 국립환경과학원의 연구결과로 유추해 보면 토양 중 라듐함량의 분포와 실내 라돈농도는 광역 범위에서는 대체적으로 일치하는 경향을 보일 수 있음
- 그러나 국지단위에서는 반드시 일치하는 것은 아니며 라돈의 노출량은 특히 건물형태(구조)와 노후 정도, 건축자재, 계절영향, 환기습관, 지하수 사용 등 여러 변수의 영향을 받는 것으로 알려짐
- 따라서 지역주민들이 라돈에 얼마나 노출되는지 과학적으로 파악하는 것이 정책 수행의 최우선 과제임
 - － 국제기구에서도 라돈관리체제로 라돈 노출에 대한 수준을 파악하는 것이 가장 우선적으로 진행되어야 할 과제로 권고하였음

(1) 건강민감계층 이용시설의 실내 라돈 노출 실태 파악

① 어르신 이용시설 실내 라돈 노출 실태 파악

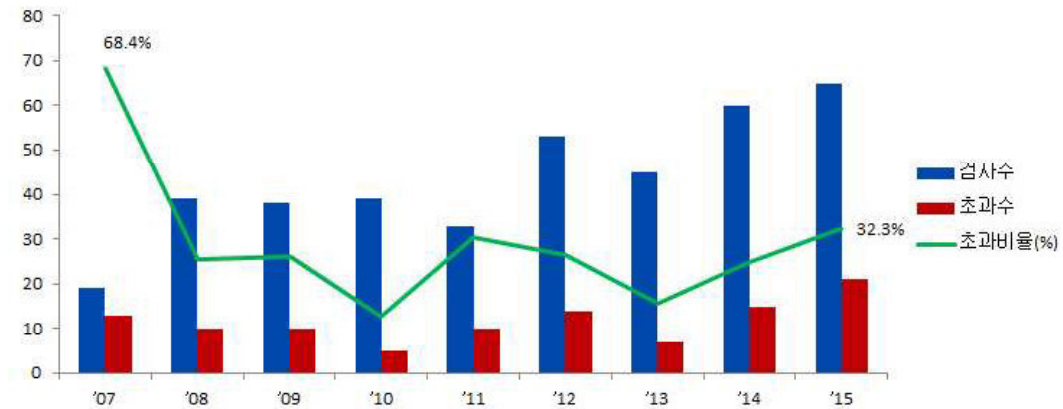
- 환경부 라돈 지도 및 지질도를 바탕으로 충남의 고농도 시군 선별
- 사업대상 : 고농도 지역 소재 마을회관, 요양시설 등
- 조사지역 : 고농도 읍면동/통리 단위 지역 우선 측정하고 점차적으로 확대
- 조사내용
 - 실내 라돈 무료측정 및 결과 배포

② 영·유아 보육시설 실내 라돈 노출 실태 파악

- 사업대상 : 법정 규모 미만 보육시설(430m²)
- 조사지역 : 고농도 시군을 우선 측정하고 점차적으로 확대
- 조사내용
 - 실내 라돈 무료측정 및 결과 배포

(2) 지하수 라돈 농도 실태 파악

- 환경부는 2007년부터 화강암지역 마을상수도를 중심으로 지하수 중 자연방사성물질 함유 실태조사를 실시하였음
- 충남의 마을상수도 라돈 농도 초과비율은 2007년 68.4% 에서 2015년 32.3%로 낮아졌으나 2013년도부터 검사수가 증가하면서 초과비율도 증가하고 있음



[그림 16] 충남의 마을상수도 라돈조사 현황

자료 : 국립환경과학원 자료 재구성

- 환경부 지하수 중 자연방사성물질 함유실태조사와 연계하여 진행
- 사업대상 : 마을상수도 및 소규모급수 정수시설
- 조사내용
 - 기준 4,000pCi/L 검출시 재검사
 - 검사결과에 따른 대책 수립

3. 건강민감계층 집중 관리

(1) 어르신 이용시설 저감 컨설팅 및 저감시공사업

- 사업대상 : 마을회관, 요양시설 등 실내라돈 노출 실태 등 조사결과 시공이 필요한 마을회관 등
- 사업내용
 - 컨설팅, 저감시공, 알람기 부착 등

－ 저감매뉴얼 및 행동지침 교육



[그림 17] 라돈 저감시공방법 선정 절차

자료 : 충남연구원 환경복지연구회, 이영섭 발표자료(2016)

(2) 영·유아 보육시설 저감 컨설팅

- 사업대상 : 보육시설의 실내라돈 노출 실태 조사결과 저감 컨설팅이 필요한 영·유아 보육시설
- 사업내용
 - － 컨설팅, 필요하다면 저감시공, 알람기 부착 등
 - － 저감매뉴얼 및 행동지침 교육

(3) 고농도 검출 지하수 라돈 관리

- 환경부 먹는물 자연방사성물질 저감대책과 연계
- 사업대상 : 라돈 4,000pCi/L 초과 지하수
- 사업내용 : 검출 함량별 단계별 조치

단계구분	조치요령
4,000~8,000 pCi/L	· 3일 이상 방치하거나 끓인 후, 적절히 환기하여 사용 권고
8,000~16,000 pCi/L	· 지하수 사용량이 적고 라돈 함량이 낮을 때는 일정 용량 이상의 저수조와 환기시설 설치 후 사용 · 지하수 사용량, 저수조 용량 및 라돈 함량 정도를 고려하여 폭기나 활성탄 시설 설치 · 가동 후 사용권고
16,000 pCi/L 이상	· 대체수원 개발 권고하고 불가능할 경우 저감시설 설치 · 가동 후 사용토록 권고 · 대체수원이 없고 저감시설이 확보되지 않을 경우는 지하수를 끓여서 음용하고 지하수 사용 시 적절히 환기하여 사용

4. 라돈 안전관리 기반 구축

(1) 충남의 라돈잠재지도 작성

- 미국, 캐나다, 영국, 독일 등 선진국에서는 실내 농도 기반과 지질기반의 라돈잠재지도를 토대로 라돈 노출의 위험지역에 저감시설을 초기부터 설치하도록 하는 사전관리로 비용 절감과 노출 위험을 최소화하고 있음



[그림 18] 국외라돈지도 작성현황과 라돈잠재지도(북아메리카)

자료 : 충남환경보건열린포럼, 노열 발표자료(2018)

- 충청남도에 지질기반의 라돈잠재지도를 작성하여 관리한다면 노출 위험 지역에 건물을 신설할 경우 사전에 저감공법을 적용함으로써 사후관리 비용을 저감할 수 있음
 - 사후관리로서 환기시설과 저감공법 등을 적용할 경우 추가비용과 전기료 등의 유지비용이 들어 시공비와 유지비를 따로 지원해 주지 않으면 저감시스템을 구축하기가 현실적으로 어려움

(2) 충남의 실내 라돈과 폐암 연구

- 환경부(한국환경산업기술원)에서는 환경보건 R&D 사업으로서 ‘실내라돈 개인기반 노출 평가 및 통합위해관리’ 연구를 4차년도에 걸쳐 진행하고 있음(참여기관 : 연세대 원주의대, 아주대병원, 서경대, 연세대의대, 경상대병원, 서울아산병원, 국립암센터, 건강보험심사평가원, EHS 기술연구소)
- 충청남도는 환경부의 연구결과를 바탕으로 충청남도에 적용할 수 있는 연구를 기획하여

진행할 필요가 있음

▶ 연구대상 : 충청남도

▶ 연구내용

- 충남 15개 시·군 실내 라돈 농도 실측값 등을 통해 추정값(모델링) 도출
- 충남 15개 시군 폐암 표준화 발생비(전국과 비교) 등
- 상관관계 분석
- 지역사회 및 개인 특성의 노출위험인자 파악

▶ 활용방안

- 충남 지역 특성과 개인 특성의 라돈 노출 위험인자 파악
- 저감대책 수립시 근거자료 활용

(3) 라돈 인식 개선 등 홍보교육

● 라돈 관리 매뉴얼 및 안내책자 배포(환경부 자료 활용)

- 매뉴얼, 소책자, 라돈 저감 시공 및 관리지침
- 개인행동지침 등

● 충남지역 언론매체 및 교육센터를 활용한 교육·홍보

- 텔레비전, 라디오, 도청 홈페이지, 도정신문, 페이스북 등을 통해 라돈에 대한 올바른 인식 및 저감 예방을 위한 연속 기획 보도 등
- 환경교육센터, 공주 환경성건강센터 교육과정과 연계

(4) 충남의 라돈 안전관리 협력체계 구성

- 충남 환경보건열린포럼을 통해 관련된 기관 네트워크 구축
- 중앙정부의 라돈 관련 정책 정보 공유 및 협력체계(시범사업 등) 강화

5. 라돈 환경보건 서비스 강화

- ‘라돈 침대’ 사태가 발생하면서 라돈 등 생활방사선에 대한 주민들의 불안감은 증가하고 있음. 개인이 라돈측정기를 구입하거나 측정업체 등에서 라돈 측정기를 대여하여 각 가정의 실내라돈 농도를 측정하고 있는 상황임
 - － 시중에 유통되고 있는 측정 장비 신뢰도 및 측정방법 등의 문제로 인해 측정값에 오류가 발생할 수 있음(몇 십배 차이가 나기도 함)
- 이러한 문제점을 인식하여 서초구, 부산시 등 일부지자체에서 라돈측정기 무료대여서비스를 실시하고 있음
- 충청남도도 지질학적 특성으로 실내라돈 농도가 타지역에 비해 높은 상황이므로 충청남도 차원에서 라돈 측정을 원하는 가정에 무료로 대여해 주는 서비스를 실시
 - － 측정 원하는 가정 및 기관들의 신청을 받아서 측정방법 설명과 함께 농도가 높게 나왔을 경우 실행할 수 있는 행동지침 매뉴얼 등에 대한 교육 실시
 - － 환경부에서 측정 장비 구입비용을 지원받아 실시할 수 있음
 - － 충남 보건환경연구원, 공주 환경성건강센터 등에서 관리하는 방법도 고려



[그림 19] 충남의 라돈관리 정책과제(예시)

참여연구진

연구책임 명 형 남 충남연구원 환경생태연구부 책임연구원

연구원 김 정 아 충남연구원 환경생태연구부 연구원
박 현 진 충남연구원 환경생태연구부 연구원

포럼참여자(가나다순)

강 대 용 연세대 원주의과대학 교수
강 찬 환경부 환경보건정책과 사무관
권 호 장 단국대 의과대학 교수
김 기 성 대전광역시 동구 보건소장
김 사 헌 충남 청양군 보건소장
김 영 애 충남 천안시 동남구 보건소장
김 용 재 한국원자력안전기술원 책임연구원
김 준 호 환경부 환경보건정책과 사무관
노 열 전남대 지구환경과학부 교수
문 경 주 충남도청 기후환경녹지국장
박 태 규 충남교육청 체육인성건강과
박 항 순 충남 논산시 보건소장
박 명 속 태안환경보건센터 연구팀장
서 상 옥 충남환경운동연합 사무처장
서 성 철 을지대 보건환경안전학과 교수
송 석 환 중부대 토목공학과 교수
신 용 승 KEI 사회환경연구부 선임연구위원
신 현 정 충남 공주시 보건소장
이 강 산 세종특별자치시 보건소장
이 동 현 EHS기술연구소 대표
이 승 화 태안환경보건센터 사무국장
이 영 섭 씨애헤치아이앤씨 과장
이 장 환 충남 부여군 보건소장
이 종 대 순천향대 환경보건학과 교수
이 평 주 충남지속가능발전협의회 사무처장
이 한 언 공주 환경성 건강센터 팀장

이 화 영 충남 금산군 보건소장
임 채 희 충남 계룡시 보건소장
조 만 호 충남 천안시 서북구 보건소장
한 상 원 충남 당진시 보건소장
황 복 선 공주 환경성 건강센터 주무관

행정지원

안 재 수 충청남도청 환경보전과 과장
이 봉 재 충청남도청 환경보전과 환경보건팀 팀장
손 장 희 충청남도청 환경보전과 환경보건팀 주무관
김 은 영 충청남도청 환경보전과 환경보건팀 주무관