

충남의 라돈과 어린이 건강

1. 개최 배경 및 목적

- 라돈은 암석이나 토양, 건축자재 등에 존재하는 우라늄이 몇 차례 붕괴를 거치는 과정에서 생성되는 기체로 어디에나 존재하는 자연방사성 물질이지만 호흡을 통해 인체에 흡입된 라돈은 알파선을 방출하여 폐조직을 파괴하는 등 폐암을 일으키는 1급 발암물질임
- 세계보건기구(WHO)는 전 세계 폐암 발생의 3~14%가 라돈에 의한 것이며, 라돈을 흡연에 이은 폐암 발병 주요원인물질로 규정함으로써 환경보건학적으로 중요한 문제로 대두
- 2014년 국립환경과학원에서 전국 주택 실내 라돈 조사 결과, **충남은 지질학적 특성으로 인해 겨울철 평균 121.0 Bq/m³로 강원, 전북, 충북에 이어 전국에서 4번째로 라돈 수치가 높은 것으로 나타났음**
- 또한 2010년 국립환경과학원에서 어린이 보육시설 등 전국 다중이용시설 조사 결과, **충남은 겨울철 평균이 전국 평균에 비해 무려 66%나 높은 것으로 나타났음**
- 라돈은 기준치 이하라 할지라도, 폐암 발생가능성은 라돈 농도에 비례하므로 어른에 비해 건강피해가 더 크게 나타나는 영유아·어린이를 대상으로 한 예방대책이 시급한 상황
- 현재 국회 심의 중인 ‘다중이용시설 등의 실내공기질 관리법’이 시행되면 시·도별로 ‘라돈관리계획’을 수립해야 함
- 이에 토론회를 통해 라돈으로 인한 어린이 건강피해 및 국내외 정책현황을 살펴보고, 향후 충남 라돈으로 인한 어린이 건강피해를 줄이기 위한 민·관·학 협력방안 등 대책을 모색하고자 함

2. 토론회 개요

- 주 제 : 충남의 라돈과 어린이 건강
- 일 시 : 2015년 5월 11일(월) 오후 2:00~5:00
- 장 소 : 충남연구원 대회의실
- 내 용
 - 라돈으로 인한 건강영향
 - 환경부의 라돈 관리대책 및 향후 방안
 - 국내외 라돈 관련 정책 현황 및 제언 (영유아, 어린이를 중심으로)
 - 향후 충남의 라돈에 인한 어린이 건강피해를 줄이기 위한 민·관·학 협력 방안 등 대책 모색
- 주관·주최 : 충남발전연구원
- 참 석 자 : 약 30명(환경부, 충남도청, 충남교육청, 금산군청, 충남보건환경연구원, 충남연구원, 충남어린이집연합회 등)

3. 진행계획

시간	내용	담당
14:00~14:10 (10분)	참석자 및 워크숍 일정 소개	오혜정 부장 (충남연구원)
14:10~14:20 (10분)	인사말	강현수 원장(충남연구원)
14:20~14:40 (20분)	주제발표 - 라돈으로 인한 건강영향	하미나 교수 (단국대 의과대학)
14:40~15:00 (20분)	주제발표 - 환경부의 라돈관리 대책 및 향후 방안	이가희 과장 (환경부 생활환경과)
15:00~15:20 (20분)	주제발표 - 충남의 라돈 현황과 국외 정책사례	명형남 박사 (충남연구원)
15:20~15:30 (10분)	휴식	전체
15:30~16:50 (60분)	지정토론 및 종합토론	<ul style="list-style-type: none"> • 좌장 : 오혜정 부장 • 지정토론 <ul style="list-style-type: none"> - 김영명 과장 (충남도청 환경관리과) - 유우석 환경연구사 (충남보건환경연구원) - 길성용 과장 (금산군청 환경관리과) - 장윤희 보건담당사무관 (충남교육청 체육예술건강과) - 이상수 회장 (충남 어린이집연합회 회장) • 종합토론
16:50~17:00 (10분)	종합정리 및 폐회	오혜정 부장 (충남연구원)

주제발표1

2015년 1차 환경복지연구회 워크숍

라돈으로 인한 건강영향

단국대 의과대학

하 미 나 교 수

라돈의 건강영향

2015년 1차 환경복지연구회 워크숍
-충남연구원 2015.5.11-

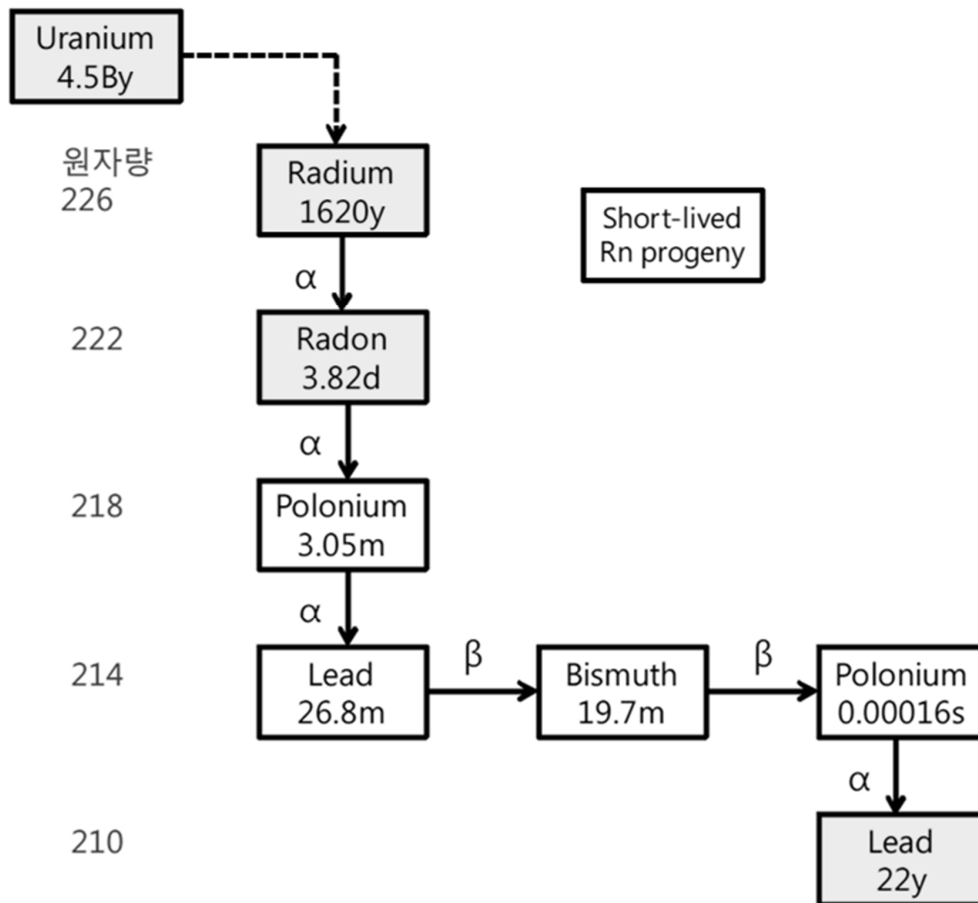
하 미 나
단국대학교 의과대학

1

라돈의 역사

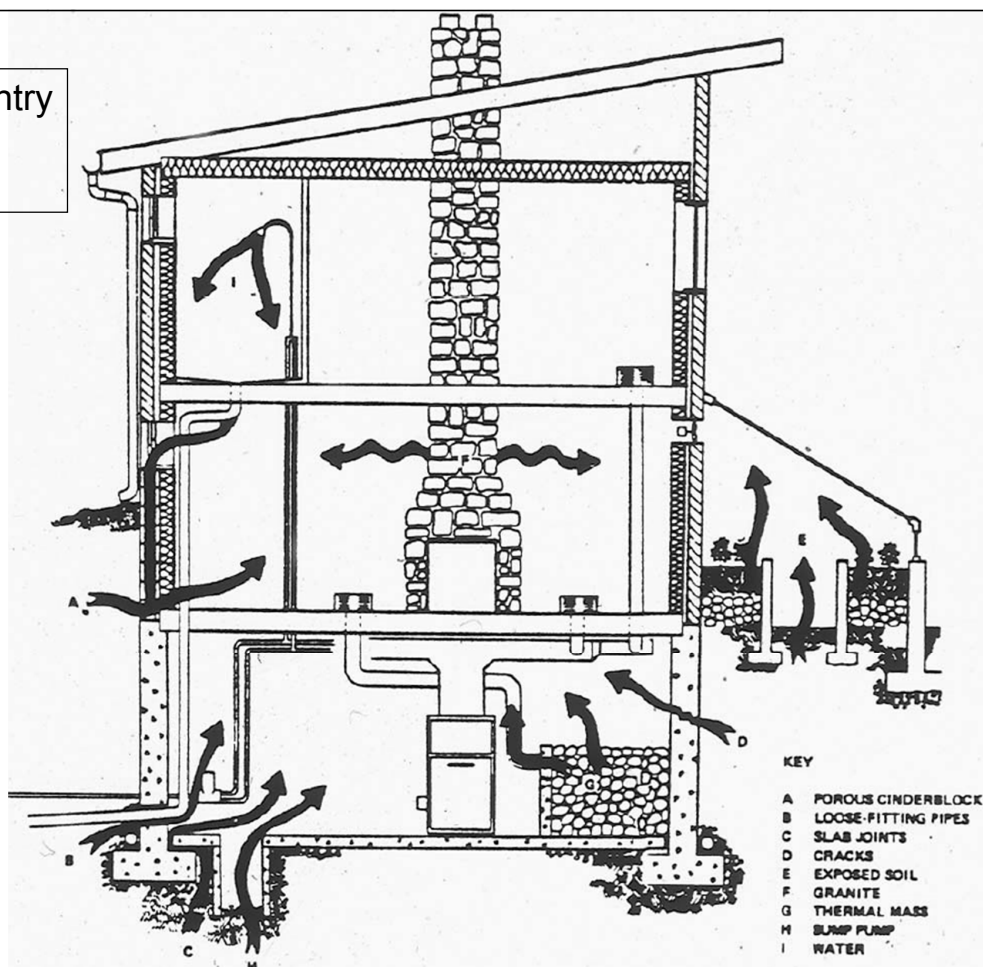
- 1400's, 독일 Schneeberg 지역 광부에서 산의 병(Disease of Mountain) 발생
- 1879, 유럽 광부에서 폐암 최초 확인 (Harting & Hesse)
- 1899, Pierre & Marie Curie 라듐으로부터 방사성 기체 발생을 발견
- 1923, ICCE & IUPAC 에서 이 기체를 라돈으로 명명
- 1920's, Lorentz와 Ludvig에 의하여 광산지역 라돈 측정, 라돈에 의한 폐암의 가능성 제기(받아들여지지 않음)
- 1950's, Peller - First Review of Mining Related Cancers
- 1970's, 세계 각국의 가옥내 라돈 조사 실시, 연간 피폭선량의 약 50%가 라돈 (UNSCEAR)
 - Studies of Underground Miners
- 1980-1990's, 국가별로 전국 규모의 라돈 농도 조사 수행
 - Residential Radon Studies, pooling studies
 - 1999, NAS BEIR VI Report

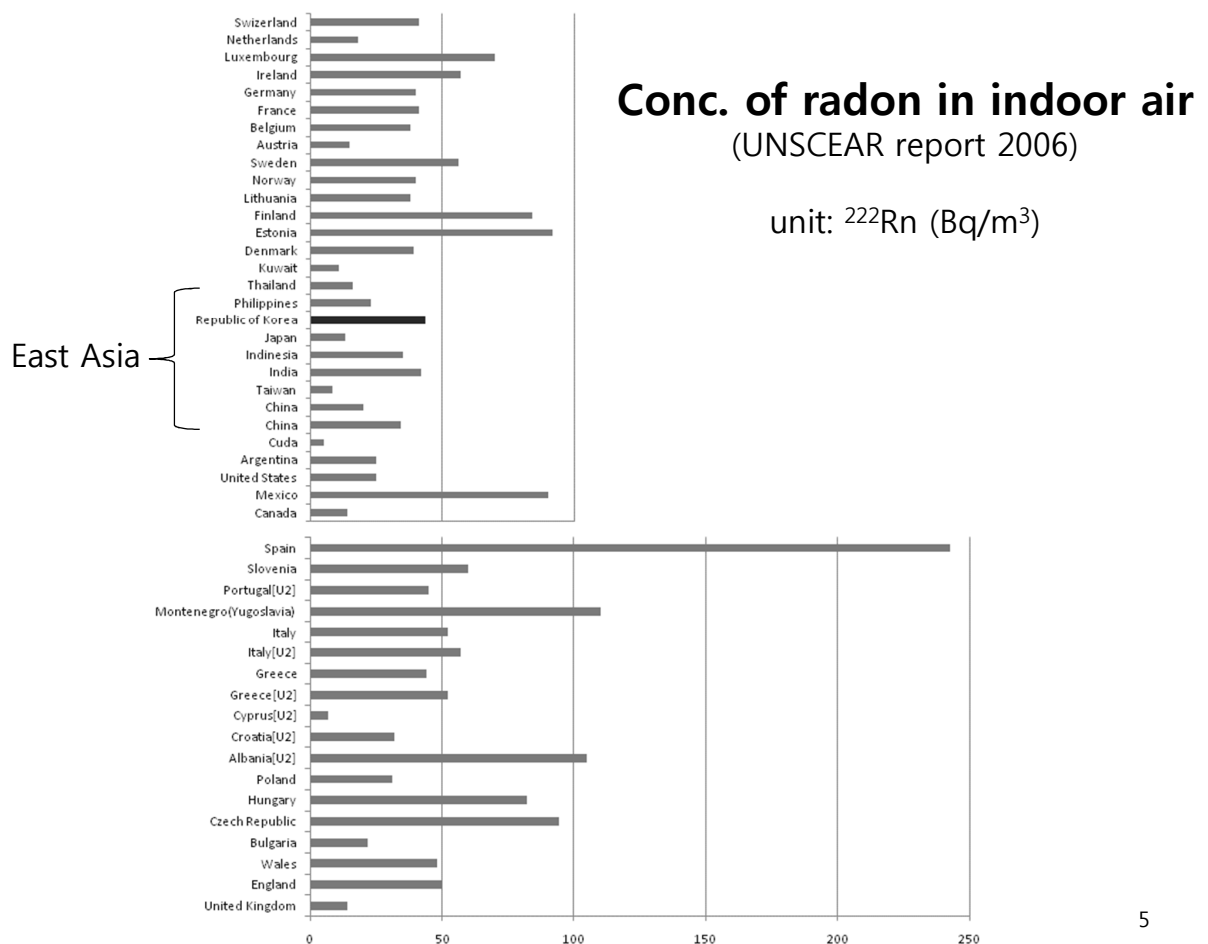
2



3

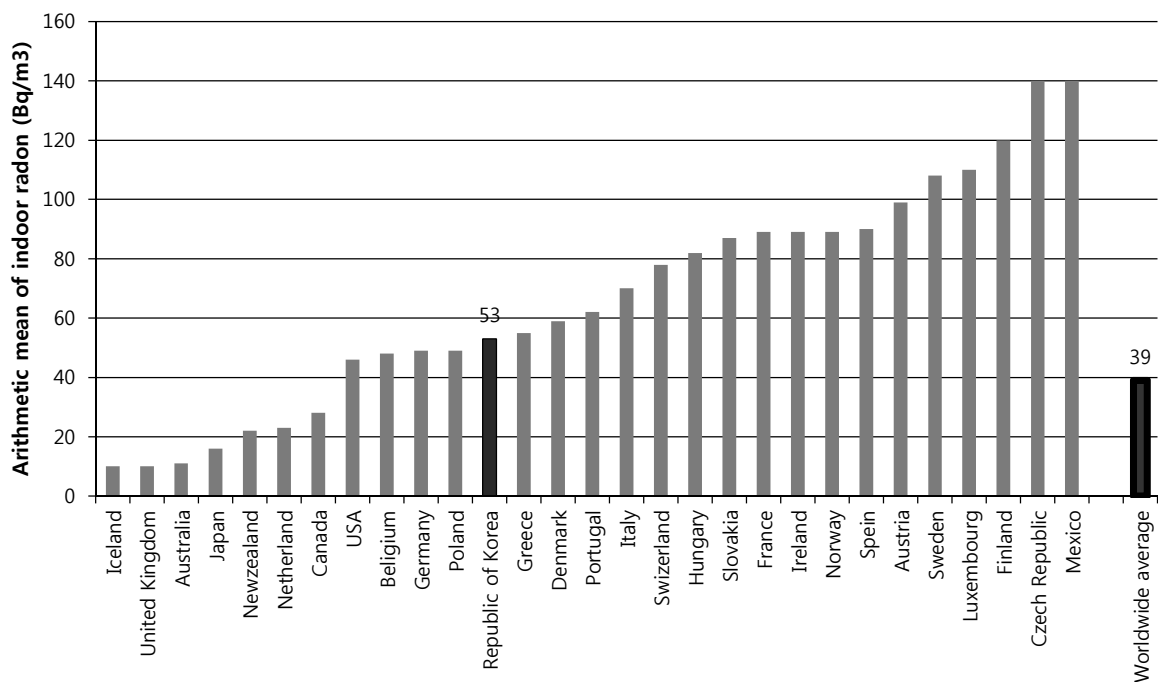
Route of entry
Of Radon
Into house





5

OECD 국가의 실내 라돈 농도 (WHO, 2009)



6

우리나라의 라돈 농도 분포

(Kim et al, 2011, Rad Prot Dosim)

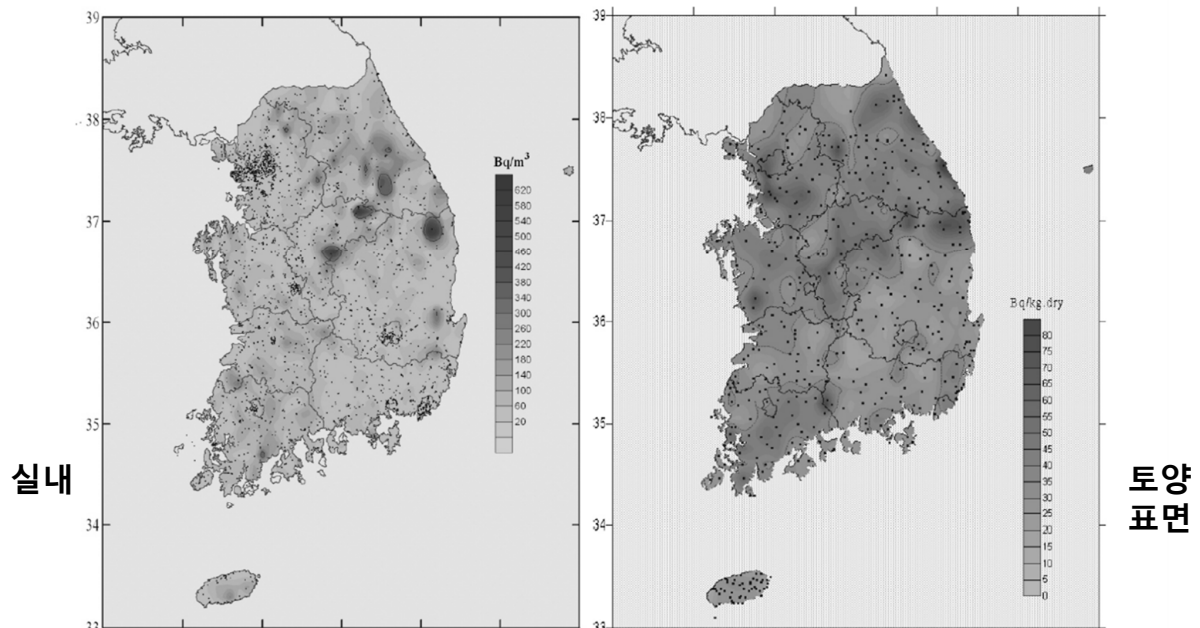
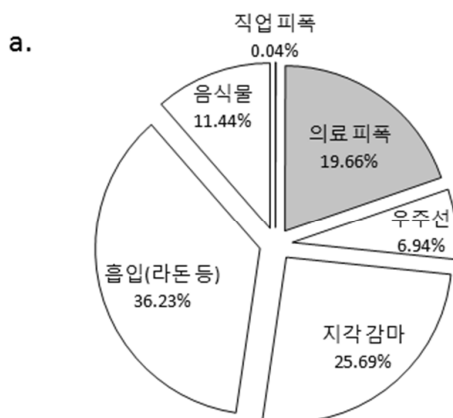
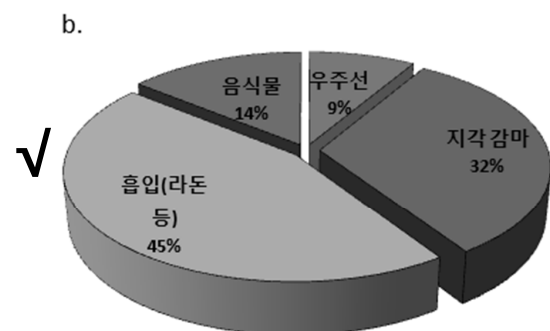


Figure 1. Distribution maps of indoor Rn (left) and ²²⁶Ra concentrations in surface soil (right) in Korea.

우리나라 사람의 방사선 노출량



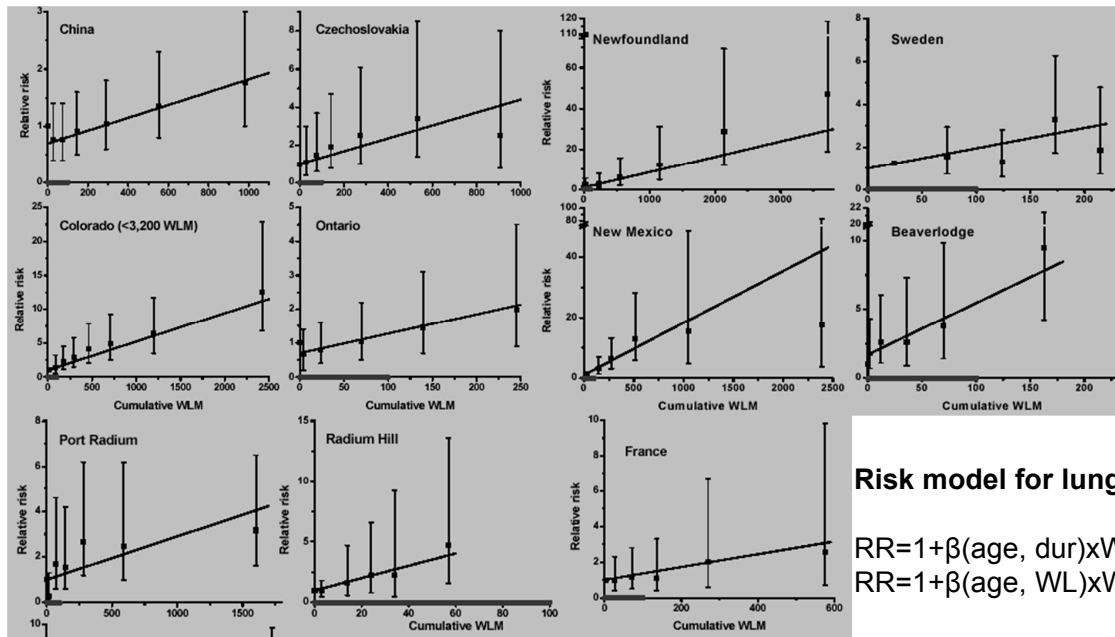
총 노출량 (인공+자연) 총 3.73mSv/year



자연방사선 노출량, 3.0 mSv/year

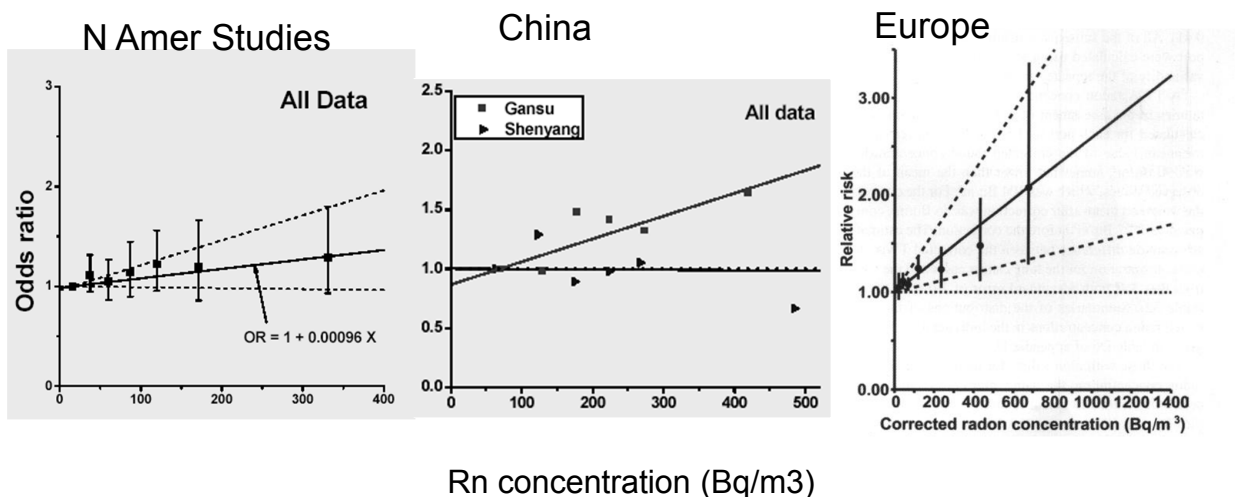
2007년. 한국원자력안전기술원자료

여러 나라 광부 연구에서 라돈노출량-폐암사망의 관계



9

거주지역 실내 라돈과 폐암 연구



(Krewski et al,
Epidemiology 2005)

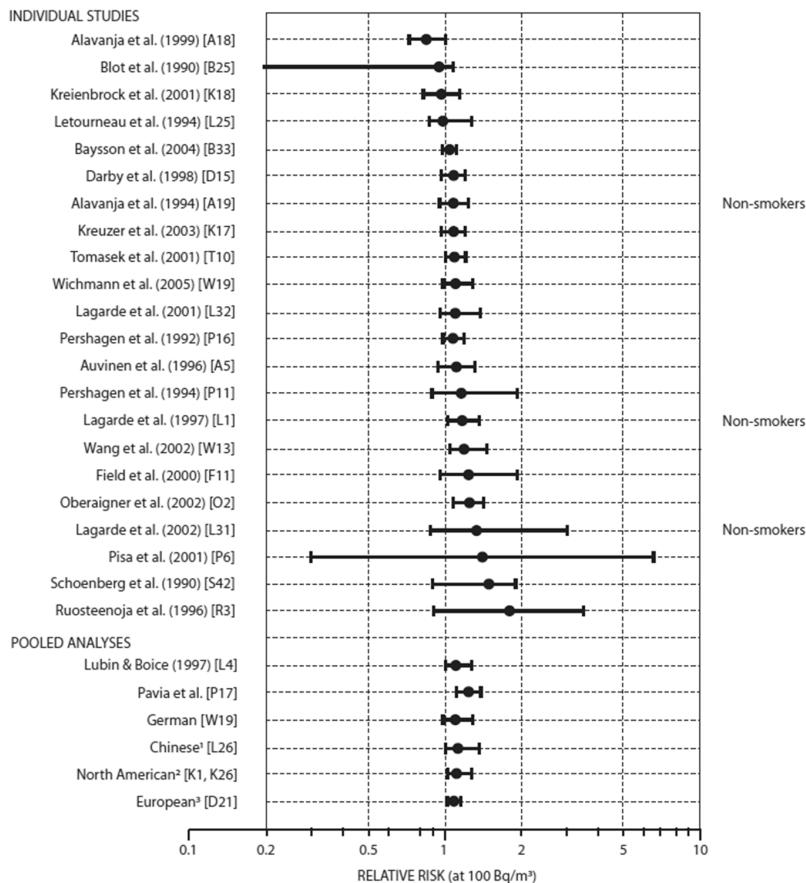
(Lubin et al,
IJC 2004)

(Darby et al,
SJWEH 2006)

10

Figure XVII. Risk estimates from residential radon studies [B29].

Shown are the summary relative risks for exposure at a radon concentration of 100 Bq/m³ (except for references [L4, P17] at 150 Bq/m³, the corresponding 95% confidence intervals.

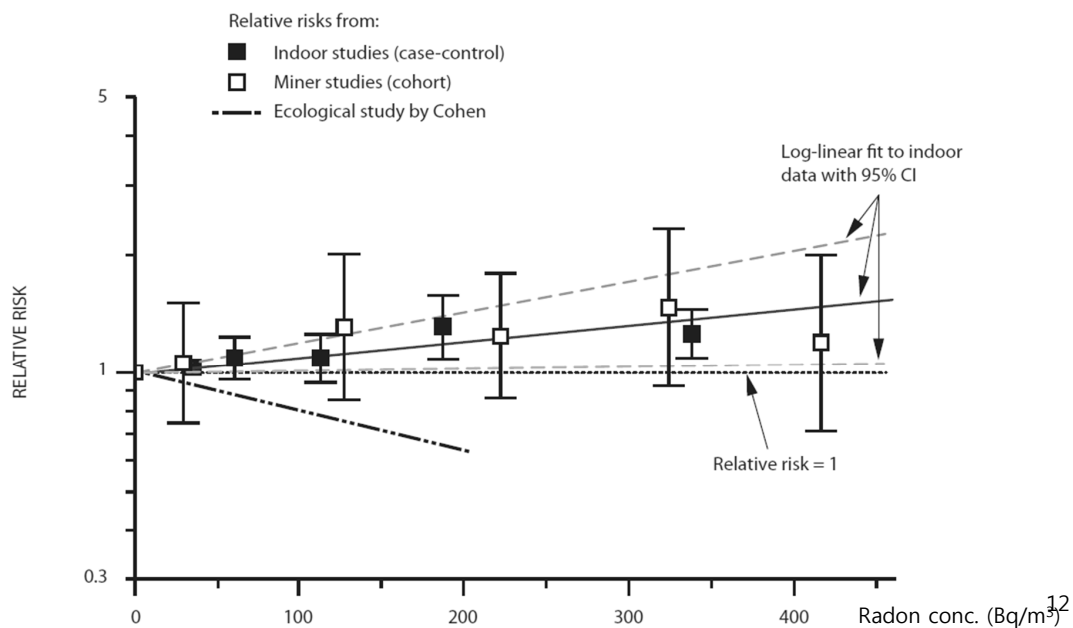


11

라돈과 폐암: 광부, 거주지역 연구

Figure XV. Risk estimates of lung cancer from exposure to radon (adapted from reference [L4]).

Shown are the summary relative risks from meta-analysis of eight indoor radon studies and from the pooled analysis of underground miner studies, restricted to RDP exposures of less than 50 WLM [L19], together with the estimated linear relative risk from the correlation study by Cohen [C24]. Note that references [L4] and [C20] both show Cohen's data extrapolated to beyond where they were actually analysed, about 200 Bq/m³. The figure has been adjusted to reflect this.



12

라돈 100Bq/m³ 증가당 폐암의 추가위험도 (ERR) 및 95% 신뢰구간 (거주지역 라돈)

Study		Primary analysis	Restricted analysis	Exposure adjusted for uncertainty
European	[Darby et al, 2005; Darby et al, 2006]	0.084 (0.03, 0.158)	0.094 (0.034, 0.175)a	0.16 (0.05, 0.31)c
North America	[Krewski et al, 2005; Krewski et al, 2006]	0.11 (0.00, 0.28)	0.18 (0.02, 0.43)a	
Chinese	[Lubin et al, 2004]	0.133 (0.01, 0.36)	0.319 (0.07, 0.91)b	
Combined		0.093 (0.04, 0.15)	0.11 (0.05, 0.19)	

a Only one or two residences and at least 20 years of coverage.

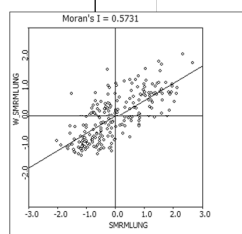
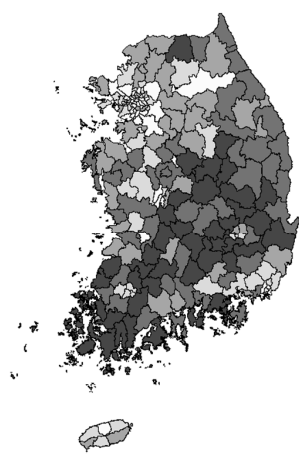
b Only one residence with complete coverage.

c Correction for measurement uncertainty.

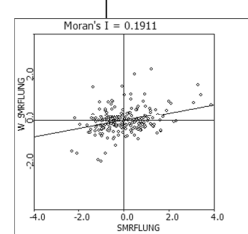
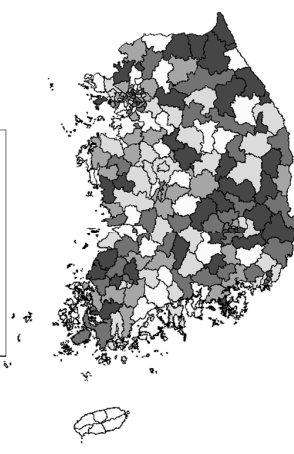
UNSCEAR 2006

13

우리나라 거주지역 라돈과 폐암 (KINS, 2010)



남자의 폐암 표준화 발생비
Moran's I=5.71 ($p<0.001$)



여자의 폐암 표준화 발생비
Moran's I=0.13 ($p=0.89$)

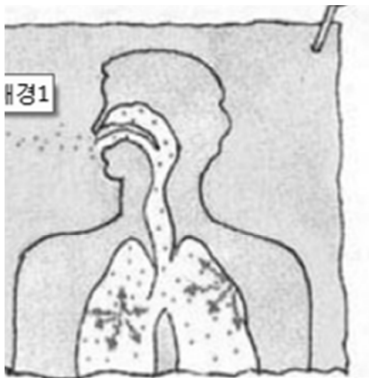
14

우리나라 거주지역 라돈과 폐암발생위험 (KINS, 2010)

라돈 농도(Bq/m3)	(시/군/수) 지역수	평균 표준화 발생비	단순(비보정)		박탈지수 보정		도시 농촌 보정	
			위험도		위험도		위험도	
			uRR	95% CI	aRR1)	95% CI	aRR2)	95% CI
여자								
<50	77	1	1	(기준)	1	(기준)	1	(기준)
50-<100	122	1.02	0.99	(0.94,1.03)	0.99	(0.95,1.03)	0.99	(0.95,1.04)
≥100	21	1.04	0.98	(0.91,1.06)	0.99	(0.91,1.07)	1	(0.92,1.08)
per 10 increase			1	(0.99,1.01)	1	(0.99,1.01)	1	(0.99,1.01)
남자								
<50	77	0.96	1	(기준)	1	(기준)	1	(기준)
50-<100	122	1.14	1.07	(1.03,1.12)	1.08	(1.03,1.13)	1.08	(1.03,1.12)
≥100	21	1.23	1.12	(1.04,1.20)	1.11	(1.04,1.20)	1.11	(1.03,1.20)
per 10 increase			1.01	(1.01,1.02)	1.01	(1.00,1.02)	1.01	(1.00,1.02)

15

15



- 국내 권고기준 : 가옥은 없음
- 환경부 다중이용시설에 대한 공기질 관리법 → 148 Bq/m³
- 미국 가옥기준을 그대로 준용

국제방사선방호위원회 (권고 : 10 mSv 기준)

가 옥 : 7,000 hrs → < 300 Bq/m³

작업장 : 2,000 hrs → < 1,000 Bq/m³

라돈과 건강영향, WHO

-Factsheet 291, 2014-

- 라돈은 집안이나 작업장의 실내환경에서 발견되는 자연 방사능 가스
- 흡연 다음으로 중요한 폐암의 원인
- 각 나라별 평균농도에서 폐암의 3~14%의 원인을 차지
- 흡연자에서 폐암을 가장 많이 발생시키고, 비흡연자에서는 제일 중요한 폐암의 원인
- 노출의 역치가 없으므로, 라돈 농도를 낮추면 낮출수록 폐암위험은 감소

17

라돈 노출 경로



흡입→ 폐, 뇌
체내흡수→ 골수, 신장
물섭취→ 위
접촉→ 피부

18

적색골수는 자연방사선의 표적 장기

Committed equivalent dose	RBM dose, μSv , from exposure at age, y:				
	1	5	10	15	Adult
Radionuclide					
Carbon-14	8.3	10.4	10.1	7.9	8.5
Potassium-40	130	140	150	130	130
Rubidium-87	3	3	3	3	3
Lead-210	167.9	142.5	141.9	155.1	78
Polonium-210	224.2	172.8	110.8	74.3	88.1
Radium-226	8.4	10.4	16.7	33	8.2
Radium-228	60.3	70.9	92.1	142.9	20.8
Thorium-228	0.5	0.6	0.4	0.3	0.4
Thorium-230	0.7	1.0	0.8	0.7	0.7
Thorium-232	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4
Uranium-234	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
Uranium-235	0	0	0	0	0
Uranium-238	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Total	604	552	527	548	338
Radon-220	21	19	17	12	12
Radon-222	80	80	80	80	80
External gammas	420	400	380	340	330
External cosmic rays	390	380	350	320	310
Grand total (rounded)	1520	1430	1350	1300	1070

Kendall et al., 2011

19

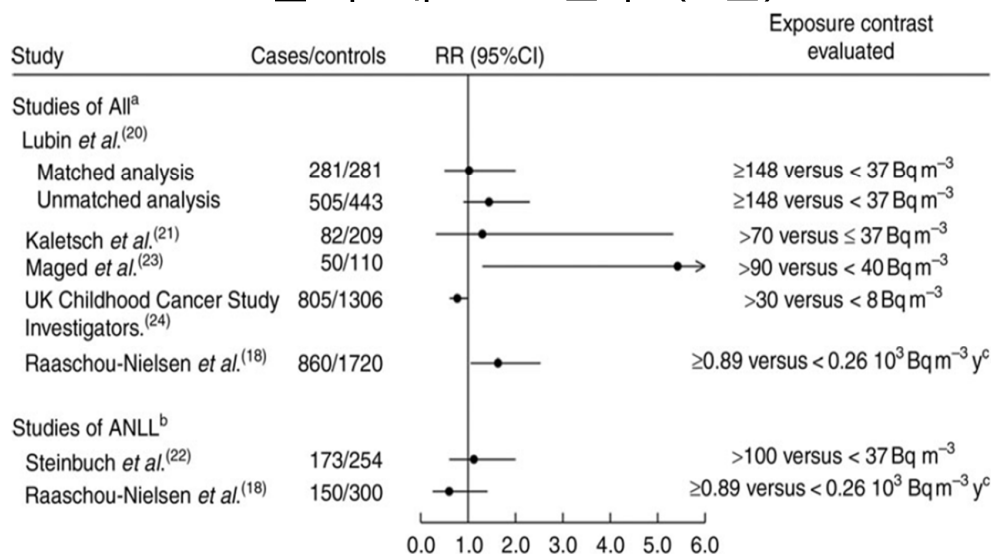
거주지역 라돈과 어린이백혈병 : 생태학적 연구 (12편), 11편 관련성유

Reference	Country	Type of leukaemia (number of cases)	Number of units	Direction of association	Significance
Lucie ⁽⁶⁾	UK	ALL (187)	22 counties	+	$p < 0.01$
Henshaw <i>et al.</i> ⁽⁷⁾	International	L	13 countries	+	$p < 0.02$
Butland <i>et al.</i> ⁽⁸⁾	International	L	7 countries	+	NS
Alexander <i>et al.</i> ⁽⁹⁾	UK	ALL	22 counties	+	$p < 0.005$
Muirhead <i>et al.</i> ⁽¹⁰⁾	UK	L	22 counties (459 districts)	+	NS
Collman <i>et al.</i> ⁽¹¹⁾	USA	L (1194)	Three groups (100 counties)	+	$p < 0.05$
Foreman <i>et al.</i> ⁽¹²⁾	UK	L (245)	Two groups (four counties)	-	NS
Richardson <i>et al.</i> ⁽¹³⁾	UK	L (6691)	402 districts	+	NS
Thorne <i>et al.</i> ⁽¹⁴⁾	UK	AML	Two groups	+	$p < 0.05$
Kohli <i>et al.</i> ⁽¹⁵⁾	Sweden	ALL (22)	13 municipalities (one county)	+	$p < 0.05$
Evrard <i>et al.</i> ⁽¹⁶⁾	France	ALL (3239) AML (697)	443 zones	ALL: + AML: +	ALL: $p = 0.49$ AML: $p = 0.004$
Evrard <i>et al.</i> ⁽¹⁷⁾	France	ALL (4346) AML (912)	95 departements	ALL: + AML: +	ALL: $p = 0.88$ AML: $p = 0.02$

Raaschou-Nielsen O, et al., 2008

20

거주지역 라돈과 어린이 백혈병 : 환자-대조군 연구 (6편)



^a Kaletsch *et al.* included all acute leukaemias, the majority of which would be ALL

^b Steinbuch *et al.* included only AML, which constitute the majority of ANLL.

^c For a 5-y-old child, this contrast in cumulated exposure would correspond to > 178 versus < 52 Bq m⁻³

Raaschou-Nielsen O, *et al.*, 2008

21

우리나라 라돈과 조혈기계암 (KINS, 2012)

<만 20세미만>

비호지킨 림프종 라돈 농도(Bq/m ³)	남		여	
	비교 위험도	95% 신용구간	비교 위험도	95% 신용구간
40미만	1	—	1	—
40~60미만	0.96	0.88 - 1.05	1.01	0.91 - 1.13
60~80미만	0.91	0.78 - 1.06	1.31	1.10 - 1.57
80이상	0.82	0.56 - 1.16	1.55	1.06 - 2.24

<전체 인구>

40미만	1	—	1	—
40~60미만	0.97	0.92 - 1.02	1.05	0.99 - 1.11
60~80미만	1.05	0.97 - 1.13	1.22	1.12 - 1.34
80이상	1.01	0.88 - 1.16	1.36	1.17 - 1.59

거주지역 라돈과 어린이 백혈병, 뇌종양

- 노르웨이 코호트 연구 (Kollerud and Claussen, BJC, 2014)
- 0-15세 어린이, 712,674명 (1967-2009년 출생)
- 437 백혈병, 427 뇌종양
- 백혈병: 관련성 없음
- 뇌종양: 위험도 증가 (통계적 유의성 없음)

23

거주지역 라돈과 어린이 백혈병, 뇌종양

- 스위스 전향적 등록자료 기반 코호트 연구(Hauri et al., 2013, EHP)
- 2000년 현재 스위스에 살고 있는 16미만 어린이, 2008년말까지 암 발생 유무 추적
- 스위스 전역에서 45,000 지점에서 측정된 라돈 노출자료로 모델링하여 노출평가
- 997어린이 암환자발생, 라돈 중간값(77.7Bq/m³) 미만을 기준으로 90%이상 고노출(139.9 Bq/m³)자의 위험도를 생존분석
- 전체암 0.93 (0.74-1.16), 전체백혈병 0.95(0.63-1.43), 급성임파구성백혈병 0.90(0.56-1.43)
- 뇌종양 1.05(0.68-1.61)

24

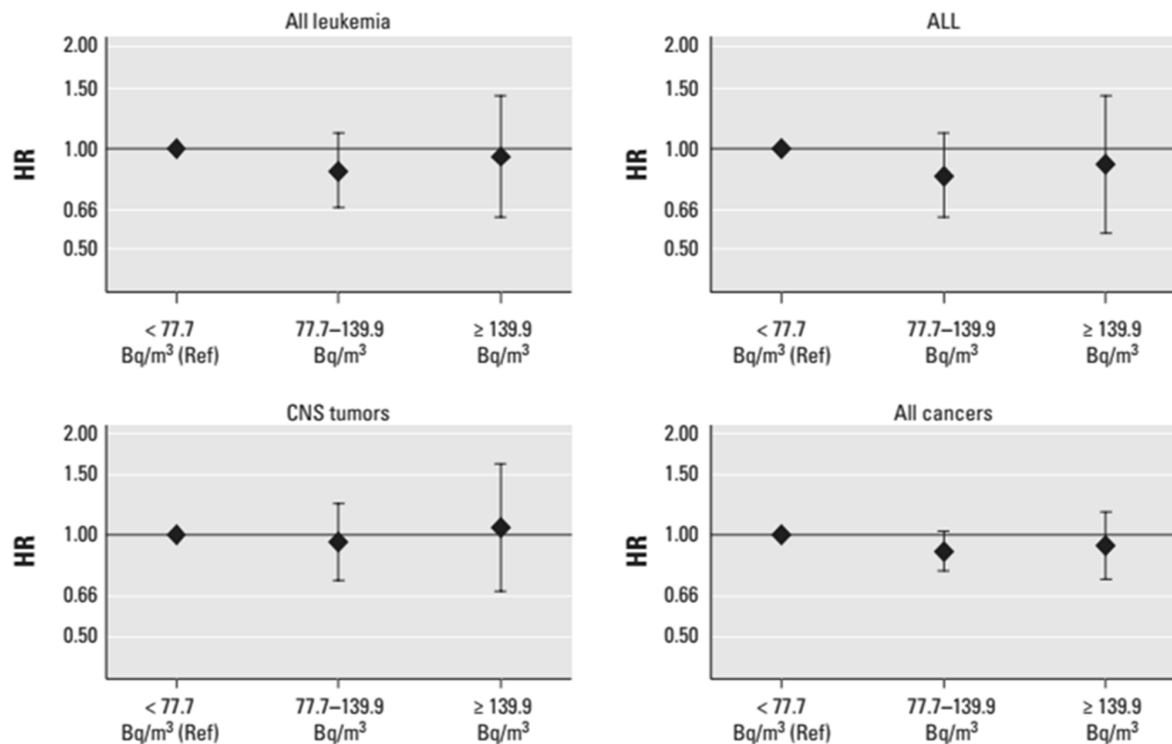


Figure 2. HRs and 95% CIs for associations between domestic radon concentrations at baseline and all leukemias, ALL, CNS tumors, and all cancers diagnosed among Swiss children during 2000–2008. Ref, reference. Models are adjusted for child sex, birth order, socioeconomic status of the parents, environmental gamma radiation, and period effects, in addition to using age as the underlying time scale.

25

우라늄광산 광부에서 조혈기계암

- 캐나다 엘도라도 우라늄광산 광부코호트 연구(Zablotska et al., 2014,ER)
- 1932-1980 에 채용된 광부
- 평균 100.2 WLM, 52.2mSV 총누적감마노출량
- 101(사망), 160명(발생)의 조혈기계암환자
- 만성임파구성 백혈병(CLL), 호지킨병(HL), 비호지킨병(NHL) 의 위험 증가(통계적 유의성은 없음)

26

거주지역 라돈과 뇌종양

- 덴마크 코호트 연구(Brauner et al., 2015, Plos One)
- 57,053 (1993-1997에 모집), 2009년말까지 암발생 추적조사, 121명의 뇌종양환자 발생확인
- 1971-2009까지의 거주지 조사하여 기존에 측정된 라돈농도를 거주지역정보와 가옥구조를 고려하여 GIS 기법으로 할당, 개인별 노출량 산출
- 라돈 노출량 중간값 40.5 Bq/m³
- 뇌종양 위험
 - 100Bq/m³ 증가당 1.96 (95%CI: 1.07-3.58)

27

라돈, 지각감마와 어린이 백혈병

- 영국의 등록자료 기반 자연방사선과 어린이백혈병에 관한 환자-대조군 연구(Kendall et al, 2013, Leukemia)
- 국가 어린이암등록자료 활용
- 27,447백혈병환자(1980-2006년에 진단)와 짝지은 대조군
- 아기 임신시의 어머니의 거주지 라돈 농도와 지각감마선은 기 측정된 자료를 지역단위로 묶어 평균값으로 이용.
- 백혈병위험, 적색골수의
 - 누적 감마선 노출량 1mSv 증가당 ERR 0.12 (95%CI: 3, 22),
 - 라돈은 0.03 (-4, 11)로 유의하지 않음.

28

라돈과 피부암

- 영국의 암등록자료를 이용한 생태학적 연구 (Benedict et al., 2012, Epidemiology)
- 2000-2004년의 southwest England 287개 지역대 상
- Malignant melanoma, basal cell carcinoma, squamous cell carcinoma 지역 발생율과 가옥내 라돈 농도의 지역 평균농간 관련성 분석
- Squamous cell carcinoma 위험 증가
 - (230+ vs 0-39Bq/m³)
 - RR=1.76 (95%CI, 1.46-2.11)

29

라돈과 위암

- 핀란드 코호트 연구(Auvien et al., 2005, IJC)
- 식수를 통한 라돈 노출과 위암위험 분석
- 1967-1981에 수도물공급을 받지 못한 사람 코호트 중 무작위로 4,590명 추출하여 전체를 대조군으로, 이 기간중 발생한 위암환자는 88명.
- 우물물의 농도 측정
 - 평균농도 : 라돈 (130Bq/L), 라듐-226 (0.007-0.01Bq/L), 유라늄 (0.07Bq/L)
- 위암발생위험 증가하지 않음
 - 라돈 0.68(0.29-1.59)
 - 라듐-226 0.69(0.33-1.47)
 - 유라늄 0.76(0.48-1.21)

30

라돈과 심혈관계 질환

- 독일 우라늄광부 코호트 연구(Kreuzer et al., 2010, REB)
- 58,987명의 광부 (1946-1989년 고용)의 사망률
- 폐암, 기도암은 라돈과 유의한 관련성
- 심혈관계사망률과는 유의한 관련성 없음
 - 관상동맥질환 ERR/WLN=0.0003%
 - 뇌혈관질환 ERR/WLM=0.001%

31

라돈과 심혈관계 질환

- 프랑스 우라늄광부 코호트 연구(Nusinovici et al., 2010, SJWEH)
- 1946-1990에 고용되어 1년이상 근무한 근로자 5,086명, 평균 30.1년 추적기간
- 평균라돈 노출 36.6WLM
- 1411명 사망자, 319명 심혈관계질환으로 사망
- ERR/100WLM=0.49%(0.07-1.23)
- 운동을 하면 위험도 감소

32

결론

- 라돈은 폐암의 두번째 중요 원인인자
- 백혈병 등 조혈기계암 (특히 어린이)의 위험에 대한 증거가 쌓이는 중
- 뇌종양 발생원인에 대한 보고가 축적되고 있는 중
- 피부암 1편 유의한 관련성
- 위암 1편 관련성 없음
- 심혈관계 질환 관련성 의심가능

33

감사합니다.

34

주제발표2

2015년 1차 환경복지연구회 워크숍

환경부의 라돈관리 대책 및 향후 방안

환경부 생활환경과
이 가 희 과 장

‘국민과 함께하는 생활 속 라돈 줄이기’
제2차 라돈관리종합대책

2014 10 관계부처합동

목차

- 1 추진 배경**
- 2 추진성과 및 평가**
- 3 비전 및 목표**
- 4 부문별 추진 계획**

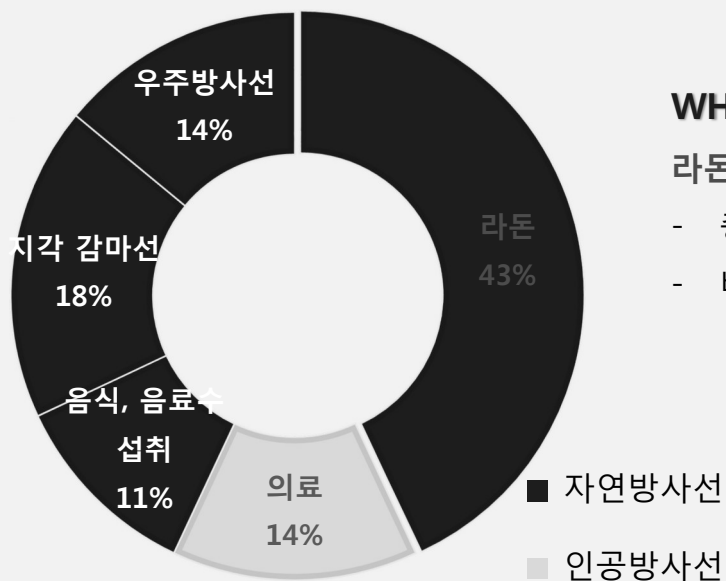
1

추진 배경

1

추진 배경

라돈의 인체 유해성



WHO, Radon Handbook, 2009

라돈노출

- 총 폐암 발생률 : 3~14%
- 비흡연자 폐암 발생 제 1원인

1 추진 배경

우리나라 현황

우리나라 주택
연평균 라돈 농도

88 Bq/m³

(2010, 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

1 추진 배경

적극적인 라돈 관리 요구

- 라돈 관리를 위한 제도 미비
- 라돈 노출에 취약한 시설(학교, 병영시설) 등에 대한 라돈 관리 필요함.
- 라돈 측정·저감과 관련된 정보가 충분하지 않은 상황에서 정부의 적극적인 정보제공과 관련 제도 정비가 요구됨.

- 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)
- 입법조사처 개인주택 라돈허용기준치 마련해야”(‘14.8 뉴시스 등)

2 주요 성과 및 평가

성과

- 라돈관리를 위한 기초자료 확보 및 매뉴얼 마련

1. 라돈 측정기반 구축

- 공정시험기준 마련('07)
- 검교정시스템 구축('08)
- 라돈측정을 위한
기반 마련

2. 실태조사

- 주택 유형별·지역별 라돈 농도
파악('10~'14, 2만여 가구,
- 공공시설(학교, 관공서, 병영)
의 라돈 실태 파악

3. 고노출 경로관리

- 저감시공 매뉴얼 마련('13)
- 지하수 라돈저감조치('07~)

2 주요 성과 및 평가

주요 실태조사 결과

구분	학교	관공서	주택		병영시설
조사 년도 (조사대상)	'08~'09 (661)	'08~'09 (439)	'10~'11 (1,000)	'11~'12 (10,000)	'12~'13 (3,357)
조사결과 (평균, Bq/m ³)	98.4 (연평균)	51.4 (연평균)	83.3 (연평균)	124.9 (겨울철)	105.3 (겨울철)

2 주요 성과 및 평가

한계

- 알기 쉬운 정보제공 및 고농도 지역에 저감조치 미비.
- 실태조사 결과, 위해성 및 저감방안에 대한 정보전달이 부족하여 막연한 불안감 확산.
- 고농도로 확인된 지역에 대한 저감조치가 미비하고 홍보를 통한 자발적 저감 유도 노력이 부족.

종합평가

- 실태조사를 통한 현황파악과 저감매뉴얼 마련으로 라돈관리의 기초자료 확보.
- 대국민 홍보·매뉴얼 보급 등으로 국민의 참여를 이끌어 내기 위한 노력은 다소 부족.

2 주요 성과 및 평가

국제동향 - 미국(EPA)

전국 실내 라돈 조사
(‘89~’91)



- 라돈지도 작성
- 주택 내 조치기준 **148 Bq/m³** 제시

숙련도 프로그램
(proficiency program)



- 라돈 측정·저감 기술을 가지고 있는 업체 및 기술인력 관리
- 정보제공 목적
- 프로그램 통과 시 소비자에게 추천하여 이용 권장.

2 주요 성과 및 평가

국제동향 - 세계보건기구(WHO)

■ 국제 라돈프로젝트

개요

- '05~'07년 3년간 WHO에서 약 40개국을 대상으로 수행한 각국의 라돈 관련 정책·실태 조사(survey)
- 라돈의 건강 위험성에 대한 인식 확산 및 주택의 라돈 오염 저감을 위한 프로젝트

내용

- 각국의 라돈 기준, 실내라돈농도, 측정 프로토콜, 위해도 소통 등에 관한 조사 수행

결과

- 조사결과를 바탕으로 라돈 Handbook('09) 발간
 - 라돈이 담배에 이은 두 번째 폐암 발병 요인임을 표명
 - 조치기준으로 100Bq/m³을 제안하고, 어려울 경우 300Bq/m³ 넘지 않을 것
 - 측정 프로토콜 확립 및 측정기 품질 관리 권장

2 주요 성과 및 평가

국제동향 - 유럽 국가

체코

- 건축자재에 대한 관리기준 의무화(라듐)
- 150~1000 Bq/kg

영국

- 각종 저감화 공법 개발·보급

스웨덴

- 주거시설의 농도 기준 의무화(신축주택 200Bq/m³)
- 저감시공 비용 중 50%를 국가에서 보조

3 비전 및 목표

장기비전 라돈으로부터 안심가능한 실내환경 조성

추진전략

1. 정부 3.0에 맞추어 라돈 정보를 공개하고 민관 협력 실현
2. 취약계층 라돈 저감 지원으로 환경 복지 실현
3. 측정, 기준 설정 관련 과학적 수준을 높여 선진 환경 행정 실현

3 비전 및 목표

추진 과제	<과제1> 막연한 라돈 공포 해소	<과제2> 라돈 측정기반 확대	<과제3> 라돈 실태조사 완비
	<과제4> 라돈 고노출원 집중관리	<과제5> 라돈 관리 과학화	<과제6> 커뮤니케이션 및 국제협력
세부 실천 과제	<과제1> 1. 생활환경정보센터 라돈분야 개편 2. 취약계층 무료진단 서비스 실시	<과제2> 3. 수동형 측정기기 성능관리 신설 4. 자동형 측정기 관리 강화 5. 가정에서 측정 가능한 기기 개발	<과제3> 6. 라돈 지도 작성 7. 토양·지하수 라돈 농도 조사 8. 취약계층이용시설· 고농도우려시설조사
	<과제4> 9. 라돈관리계획 수립 10. 건축자재 관리 강화 11. 고농도 검출 지하수 관리	<과제2> ⑫ 위해성 평가 통한 조치기준 설정 ⑬ 라돈과 폐암 상관관 계 분석 ⑭ 노출경로별 건강 영향평가	<과제3> ⑮ 일반 국민 라돈 인식도 제고 ⑯ 부처 합동 협의체 구성 운영 ⑰ 국제프로젝트 참가

4 부문별 추진 계획

막연한 '라돈공포' 해소

현황

- 정보 부족으로 막연한 공포 조장
 - 언론보도(KBS '라돈의 공포', '14.3 등)가 계속되고 있으나, 그 **위해성·측정 및 저감 방법**에 대한 **정보 부족**으로 막연히 불안
 - 1차 대책('08~'12) 동안 실내 라돈 **실태조사, 저감 매뉴얼**이 개발되었으나, 국민에게 정보가 **알기 쉽게 전달되지 못함**

- 1차 대책 추진실적 및 미비점

1차 대책 관련 내용	추진 실적	한계
라돈정보센터 운영	생활환경정보센터에 라돈 분야 마련	<ul style="list-style-type: none"> - 단순 정보 전달(실내 라돈 조사 결과) - 개발된 저감 시공 매뉴얼 미게제

4 부문별 추진 계획

막연한 '라돈공포' 해소

현황

- 해외사례
 - 미국 환경청(EPA)은 맞춤형 정보 제공을 통해 라돈 측정과 저감을 위한 자발적인 행동 유도
 - 주택 소유자, 주택 구매자, 학생, 일반인 등 정책 수요자 별로 안내서 제공

4 부문별 추진 계획

막연한 '라돈공포' 해소

추진계획

- 「생활환경정보센터」 라돈 분야를 보완·개편

'우리집 라돈 농도 간접 측정' 서비스 제공('15.7~)

- 지역, 가구 유형 등을 입력하면 유사한 조건의 평균적 라돈 측정치와 조치 필요사항을 제공 ('14년 까지 완료된 2만 가구 조사 데이터 활용)

실내 라돈 농도 측정기기 관련 정보 제공('15.12)

- 가정에서 손쉽게 구입하여 활용가능한 기기
- 예) 수동형 측정기인 알파 트랙·차콜캐니스터(1.6-5만원)로 분석 가능

측정 전문기관 정보도 게재('15.12)

- 현재 자동 측정기 보유 측정대행업체 277개소
- 수수료 53,000원

4 부문별 추진 계획

막연한 '라돈공포' 해소

추진계획

- 「생활환경정보센터」 라돈 분야를 보완·개편

- 현재 공개되어 있는 전국 주택 실내 라돈 조사 결과('13~'14년 20,000가구)를 **알기 쉽게** 개편·제공('15.12)
 - 측정 수치별 위험도와 대응방안도 함께 제공

<기존 정보 제공 방식>

조사결과를 엑셀파일로 제공
단순 농도 값만 제시
겨울철 측정치 제시



<개선내용>

지역·주택유형별 그래프화
각 수치별 **위험정도** 및 **대응방안**을 함께 제공
계절별 라돈 농도 변화치 제시
(환기에 따른 저감 효과 확인)

4 부문별 추진 계획

막연한 '라돈공포' 해소

추진계획

- 「생활환경정보센터」 라돈 분야를 보완·개편
- 라돈 저감 방법 매뉴얼 (주택소유자용, 시공자용 '15) 보급
- 주택 라돈 측정 가이드 라인 배포 ('15)



4 부문별 추진 계획

막연한 '라돈공포' 해소

추진계획

- 경제적 능력이 부족한 취약 계층 무료 진단 서비스 지속
 - 라돈 취약 가구(반지하 등) 대상 무료측정 및 저감 컨설팅
 - '14~'15년 1,500가구, 이후 2,000가구 이상으로 확대
 - 어린이, 노인, 장애인 이용시설, 지하·반지하 주택 등 우선 지원
- 라돈 홍보동영상 제작 배포

4 부문별 추진 계획

라돈 측정기반 강화

현황

- 라돈 측정기 형식승인·정도검사 제도 마련('06년), 운영
 - 공정시험방법 상의 부시험방법인 자동측정기를 대상으로 형식승인·정도검사 의무화 (현재 8종 형식 승인)
 - 형식승인을 얻지 않은 제조업자·수입업자는 1년 이하 징역 또는 500만원 이하 과태료
 - 공정시험방법 상의 주시험방법에 사용되는 수동형 측정기는 형식승인 기준이 없어 측정 신뢰도 확보 곤란

수동형 라돈 검출기 종류의 예

알파비적검출			활성탄흡착		충전막 전리함
알파트랙 <i>Alpha Track</i>	래드트랙 <i>Radtrak</i>	라듀엣 <i>Raduet</i>	활성탄 캐니스터 <i>Charcoal Canisters</i>	활성탄 <i>Charcoal</i>	이퍼 <i>E-Perm</i>
					
대한민국	미국	헝가리	미국	미국	미국

4 부문별 추진 계획

라돈 측정기반 강화

현황

- 라돈 측정기 형식승인·정도검사 제도 마련('06년), 운영
 - 형식승인을 얻지 않은 자동측정기에 대한 관리도 필요.
- 해외사례
 - 미국 환경청(EPA)는 라돈 측정장비 품질관리(Radon Measurement Device Tests, 1996)을 통해 품질관리 체계 구축
 - 미국 내 라돈 측정기 150여개, 관련회사 39개, 기관 1,800개 참여
- 1차 대책 추진실적 및 미비점

1차 대책 관련 내용	추진 실적	한계
라돈 측정기 검교정 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 자동형 측정기기 검교정 시스템 구축 - 8개 기기 형식 승인 	수동형 검출기와 분석기기에 대한 품질검사가 어려움

4 부문별 추진 계획

라돈 측정기반 강화

추진계획

수동형 라돈 측정기 성능 관리 신설('15)

- 형식승인·정도검사 대상에 포함하고 그 기준을 마련
* 「환경 분야 시험검사 등에 관한 법률 시행규칙」 및 고시 개정
- 승인을 받은 측정기기는 생활환경정보센터에 공개

자동형 라돈 측정기 관리 강화('14.12)

- 의무화되어 있는 형식승인을 얻지 않은 자동형 측정기기 유통 사용실태 조사
- 위법사실이 확인되면 일정기간 계도 후 관련 법령에 따라 처리

가정에서 쉽게 측정할 수 있는 측정기 개발

- 측정 시간을 하루 이하로 단축할 수 있는 측정 기기 개발 및 보급 지원('14-'15)
- 디지털 방식으로 손쉽게 측정할 수 있는 라돈측정기기 개발('15~'17, 생활공감 R&D 사업)

4 부문별 추진 계획

라돈 측정기반 강화

추진계획

- 생활공감 R&D 사업 및 디지털 측정기 개발

생활공감 R&D

- 실내환경위해인자 대응기술 개발 등 다양한 기술 개발 지원
- '12~'21, 총 1,792억, 단위사업 당 10억 수준
- 현재 연세대 환경보건센터에서 이 사업을 통해 차콜캐니스터 성능개선 진행 중('14~'16)

디지털 측정기

- 라돈농도를 실시간으로 측정하여 측정값을 알려주는 간이 자동 측정기
- 개발 필요성 : 기존 자동 측정기 사용 어렵고 고가 (1백~2천만원)
- 유사사례 : 현재 노르웨이에서 디지털 측정기 개발 (10만원)

4 부문별 추진 계획

라돈 측정기반 강화

- 현재 국내 유통중인 수동형 검출기

Type	제조사	수입판매사	모델명	가격 (만원)	형식 승인	측정 기간	비고
알파 비적 검출	Radosys (헝가리)	이앤인스 트루먼트	Raduet	5	대상 아님	장기	판매 가격에 분석료 포 함
	알엔테크 (한국)	-	알파트랙	1.6		장기	
활성탄		-	차콜캐니스터	5		단기	
충전막 전리형	Rad ElecInc. (미국)	이앤인스 트루먼트 C&H Inc	E-PERM S-chamber	10~15	대상 아님	단기	3가지 장비가 모두 있어 야 분석 가능
			E-PERM Short Term	3~4			
			Reader Kit	250~300			

4 부문별 추진 계획

라돈 측정기반 강화

- 현재 국내 유통중인 자동형 검출기

Type	제조사	수입판매사	모델명	가격 (만원)	형식 승인	측정기 간	비고
연속 측정 모니터	SARAD (독일)	캠익코퍼 레이션	RTM 1688-2	1,200	○	단기	별도의 분석기 없이 현 장에서 바로 측정 가능
	SUN NUCLEAR (미국)	㈜제이엠	1027	1.6	○		
			1028	단종	⊖		
			1029	130~150	○		
			1030	단종	⊖		
	DurrIDGE (미국)	(주)에이피 엠엔지니 어링	RAD7	1,800	○		
	SARAD (독일)	토탈엔지 니어링	Silicon Detector	300	○		
	Femto-Tech Inc. (미국)	KNJ 엔지 니어링	CRM 510	500	○		

4 부문별 추진 계획

라돈 실태조사 완비

현황

- '08년부터 **주요시설**(학교, 다중이용시설 등)과 주택, 지하수 등에 대한 **라돈조사 진행 중**

주택라돈조사 결과

- '라돈지도'로 작성 중이나 샘플 수 부족 → 대표성 확보되지 않음

고농도 지역

- 집중조사 부족
- 현재 화천지역 2,000가구 조사 완료

토양 라돈 조사

- 외국의 경우 병행하는 것이 일반적
- 미국 : 지질조사소(USGS)의 협조로 지표의 토양·암석에 대한 우라늄 방사능 농도 분포지도 작성

고농도 우려 시설

- 취약계층 이용시설, 병영 등에 대한 지속적 조사 필요

4 부문별 추진 계획

라돈 실태조사 완비

현황

- 해외 사례
 - 전체 가구수의 5%(영국, 45만 가구)~10%(미국, 2천만 가구)에 이르는 조사결과를 바탕으로 라돈지도 작성

- 1차 대책 추진실적 및 미비점

1차 대책 관련 내용	추진 실적	한계
라돈 실태조사 (주택, 지하수, 토양)	<ul style="list-style-type: none"> - 공공기관, 학교('08~'09) - 다중이용시설('09~'10) - 주택('10~) - 병영시설('13) - 지하수 라돈조사('07) 	<ul style="list-style-type: none"> - 고농도 지역에 대한 집중 조사 부족 - 토양조사는 미 추진 - 취약계층 이용시설에 대한 조사 부족
라돈지도작성	<ul style="list-style-type: none"> - 1만 가구 조사결과를 바탕으로 초안 작성 	<ul style="list-style-type: none"> - 샘플수가 부족하여 대표성 확보 곤란

4 부문별 추진 계획

라돈 실태조사 완비

추진계획

주택 '라돈지도 20-20' 프로젝트

- 4만 가구(인구 대비 조사 가구를 0.08%) 조사 우선 추진('18) → 대표성 확보
- 주요 선진국의 조사 가구율(총 인구 수 대비)
미국 5.98%, 체코 1.46%, 영국 0.75%, 독일 0.06%, 프랑스 0.02%, 일본 0.01%
- 고농도지역 집중 조사('14~'18). 매년 1개 시·군 선정 조사
- '라돈관리계획' 수립과 병행하여 지자체에서 상세조사 추진('17~'20), 20만호로 확대 → 고농도 지역 관리

토양, 지하수 라돈 농도 조사 병행

- 토양 함유 5종(238U, 232Th, 226Ra, 40K, 222Rn) 자연방사성 핵종 분포 조사 및 지도 작성('14~'18)
 - 전국을 5개 권역으로 분할 → 지질, 토양, 인구 등을 감안하여 우선순위 정하고 매년 권역 별 1,000개 지점 조사
- | | |
|------|------------------------|
| 2014 | 충청(충북, 충남, 대전) |
| 2015 | 호남(전북, 전남, 광주) |
| 2016 | 강원(강원) |
| 2017 | 수도권(경기, 서울, 인천) |
| 2018 | 영남(경북, 경남, 부산, 대구, 울산) |
- 전국 마을 상수도(8,000) 중 4,000여개 조사(~'16)

취약계층, 고농도 우려시설 실태조사

- 어린이 이용시설, 초등학교 등 취약계층 이용시설 조사('14~'15)
- 지하 및 지표면 시설이 많은 병영시설 조사('14~'15 국방부)
- 1차 조사('13년, 3,500개 지점)에 이어 2차 조사 추진

4 부문별 추진 계획

라돈 고농출원 지역 집중 관리

현황

- 라돈이 고농도로 검출되는 지역에 대한 관리제도 및 저감을 위한 지원 부재
 - 강원도 화천 561 Bq/m³, 전북 진안 411 Bq/m³, 전국평균 124.9 Bq/m³ ('11 겨울)
 - 라돈을 방출하는 건축자재에 대한 직접적인 관리제도가 미비
- * 원안위 : 「생활주변방사선 안전관리법」을 통해 방사성 물질 총량 관리 중(연간 1mSv)
- * 환경부 : 방사능 지수를 인증항목에 포함한 '환경표지 인증'제도 운영 중

4 부문별 추진 계획

라돈 고노출원 지역 집중 관리

현황

- 해외사례
 - 영국 : 라돈영향지역(Radon affected area)내에서의 주택 거래 시 라돈농도를 고려하도록 법제화 (WHO Report, 2007)
 - 체코 등 일부 국가 : 라돈 등 방사성 물질이 다량 함유된 건축자재에 대한 사용제한 의무화 (자재별 150~1,000Bq/Kg)

1차 대책 추진실적 및 미비점

1차 대책 관련 내용	추진 실적	한계
라돈저감시공 매뉴얼 개발	- 주택소유자용/시공사용 저감 매뉴얼 개발	- 매뉴얼 보급 미흡
고노출 토양 지하수 관리방안 마련	- 지하수 이용 지침 마련	- 토양 이용지침 미추진
신축공동주택, 건축 자재 라돈 관리	- 석고 라돈 방출 조사	- 건축자재 라돈 방출량 평가를 위한 국제 표준 미확립

4 부문별 추진 계획

실내공기질관리법 개정 추진

현행

- 다중이용시설에 대한 권고기준 설정 (148Bq/m³) 관리

개정안('16.5시행예정)

- **(실내라돈조사)** 환경부 장관 요구시 특정지역에 대해 시도지사는 라돈조사를 수행해야함(11조의2)
- **(라돈관리계획수립)** 라돈이 고농도로 검출되는 지역에 대해서 환경부 장관이 요구시 시도지사는 라돈관리계획을 수립해야함(제11조의 4 제1항)
 - ✓ 라돈관리계획에는 관리지역내 다중이용시설, 주택등의 현황, 라돈으로 인한 건강피해방지대책, 라돈피해방지를 위한 시설개량 계획 등이 포함 되어야 함(11조의 4 제 2항)
 - ✓ 환경부 장관은 이에 대한 행정적 재정적 기술적 지원을 할 수 있음(11조의 4 제 4항)
 - ✓ 시도지사는 다중이용시설 관리자 등에게 라돈저감공법을 사용하도록 권고할 수 있음(11조의 5)

4 부문별 추진 계획

라돈 실태조사 완비

추진계획

「라돈 관리 계획」 수립·지원

- 주택 라돈 조사 결과를 바탕으로 라돈 고농도 지역 시·도지사에게 수립 요구 ('16~)
- '라돈콜센터' 설치하여 전문적인 저감 컨설팅 실시 ('16, 환경공단)
- 취약계층(어린이, 노인 등), 경제적 영세가구는 지자체와 공동으로 저감 개선사업 지원('16~)
* '15년 저감 시공 시범사업 추진(50가구)

건축자재 라돈 관리 강화

- 신축 공동주택의 라돈 권고 기준 마련 검토('15)
* 관련부처(국토부), 의견
- 환경마크 제품(방사능지수 1이하)에 대한 정보를 생활 환경정보센터에 게재하여 사용을 유도
- 건축자재 방출량 측정방법에 대한 세계 논의 흐름에 맞추어 기준을 마련(장기)
* 현재 건축자재 방출량 측정을 위한 ISO 기준 설정이 진행 중

고농도 검출 지하수 및 토양 관리

- 조사('07~'16) 결과 라돈이 고농도로 검출된 지역(마을 상수도, 개인 관정)에 대한 상수도 보급 및 저감설비 설치('14~'18)
- 고농도 지역 토양에 대한 안전관리 매뉴얼 마련('18)

4 부문별 추진 계획

라돈관리 과학화

현황

- 현재 국내 라돈 기준은 다중이용시설에 대해서 미국의 권고기준은 준용하여 규정 (148 Bq/m³)
- 우리나라 상황에 맞는 조치기준 설정, 위해도 홍보 등 명확한 목적에 따른 위해성 평가 필요
- 해외에서는 대부분의 국가에서 위해성 평가를 거쳐 주택에 대한 조치기준을 설정하여 관리

- 1차 대책 추진실적 및 미비점

1차 대책 관련 내용	추진 실적	한계
건강영향조사 기초조사 실시	- 건강영향조사를 위한 기초 계획 수립	- 본격적인 건강영향조사로 이어지지 못함
건강위해 저감대책 수립	- 고농도 경로관리체계 연구	- 활용 미흡

4 부문별 추진 계획

라돈관리 과학화

추진계획

라돈 공정시험기준 개정
및 주택의 적정관리기준
설정('15)

- 측정결과의 정확성 확보를 위한 공정시험기준 개정
- (연평균 측정 원칙, 계절 보정치 개발)
- 일반주택에 대한 적정 관리 기준 제시

라돈과 폐암간
상관관계 분석('15)

- 지역별 라돈농도와 폐암환자수와의 상관관계를 바탕으로 폐암과 라돈의 상관관계 분석

노출경로별 건강영향
평가('15~'17)

- 실내 및 음용지하수 라돈 장기간 노출에 따른 건강영향평가 관리기술 개발

4 부문별 추진 계획

커뮤니케이션 및 국제협력

현황

- 라돈 소개 책자 발간('10, 라돈저감 이렇게 하세요) 등 라돈 알리기에 노력해 왔으나 아직 미흡
- 우리나라보다 일찍(80년대) 라돈관리를 시작한 해외 선진 정책 사례 도입도 미흡
- WHO 등에서 라돈 관리를 위한 위험도 소통(Risk communication)의 중요성을 강조 (Radon Handbook, '09)

- 1차 대책 추진실적 및 미비점

1차 대책 관련 내용	추진 실적	한계
대국민 홍보	- 라돈 소개 책자 발간	- 인식도 조사 등 미수행
라돈정책 협의회 운영	- 라돈 정책 포럼 운영	- 관계부처 참여 미흡
국제적 활동에 참여	- 미추진	

4 부문별 추진 계획

커뮤니케이션 및 국제협력

추진계획

- 일반 국민의 라돈 인식도 제고 ('14-'15)

라돈 인식도 조사('14)

- 체계적 홍보전략 수립
- 시민단체와 함께하는 라돈 저감 캠페인 실시 ('15)

'라돈 알리기' 아이디어 공모전 개최('15)

- 주택, 학교 등 시설별 포스터, 유튜브 동영상 공모

일반인 대상 라돈 교육 실시('15)

- 청소년 대상 '라돈 캠프', 주부대상 '라돈 교실' 등 다양한 교육 프로그램 개발·운영

4 부문별 추진 계획

커뮤니케이션 및 국제협력

추진계획

- 부처 합동 라돈 정책 협의체 구성·운영('15~)

구성

- 원안위, 국토부, 농림부, 교육부 등 관계부처
- 환경보건정책관을 위원장으로 하고, 관계 부처 과장급으로 구성

저감사업 발굴

- 각 부처 추진사업 중 라돈 저감 사업을 주기적으로 발굴
- 미국 : 환경부, 에너지부, 도시부 등 협의체를 구성, 각 부처에서 추진하는 주택 개량, 농가지원 등에 라돈 저감 포함 여부 검토 중

전문가 참여

- 필요시 토양, 지하수, 주택 등 각 분야 전문가 참여

4

부문별 추진 계획

커뮤니케이션 및 국제협력

추진계획

- 국제원자력기구(IAEA) 주관 원자력 안전규제 수검 참여로 라돈 관리 국제표준화 추진('14)
- IAEA 수검 : 각국의 방사성 물질(자연/인공) 관리 제도의 안전성을 평가
- 선진 외국 주최 정기적인 국제회의, 심포지움 등 참여('15~)
- International Radon Symposium(미국), UK Radon Forum(영국) 등

붙임1 1차 대책 주요 과제별 추진 실적


	주요과제	추진실적		주요과제	추진실적
라돈 측정 기반 구축	측정기기 검교정 시스템 구축	- 검교정 규격 마련 연구('07) - 라돈검교정챔버구축('08)	고농도 노출 경로 관리	고위험건물 라돈지침 개발	- 실내 라돈 저감 가이드라인('10) - 실내라돈저감 매뉴얼('11) - 건물유형별 라돈저감시공 매뉴얼 개발('13)
	라돈 실태조사 지침 마련	- 라돈실태조사 지침 마련('07) - 환경 중 라돈측정 및 진단 매뉴얼 마련('10)		토양, 지하수 이용 지침 마련	- 지하수이용지침마련
	전문 검·교정기관 육성	- 국립환경과학원 지정		대국민 홍보 강화	- 라돈저감 홍보책자 제작('10)
라돈 노출 현황 파악	매체별 라돈 실태조사	- 관공서, 학교 조사('08~'09) - 다중이용시설 조사('09~'10) - 주택 사계절 라돈 조사('10~'11) - 전국주택라돈조사('11~'12) - 병영라돈실태조사('13) - 전국주택라돈조사('13~'14) - 석고보드 라돈실태조사('10) - 지하수 라돈조사('07)		국제협력 강화	- 미추진
	라돈지도 작성	- 라돈지도작성 DB 개발('09) - 라돈지도 초안작성		지하역사 라돈농도현황 파악	- 자가측정 실시(1회/2년)
	라돈피폭선량 평가	- 미추진		역사별 라돈관리대책 수립	- 라돈특별관리구역 지정 - 환기량 증가 등 저감 조치
	건강영향 기초조사 및 계획수립	- 건강영향조사 연구('11)			
	건강위해 저감대책 수립	- 라돈 고노출경로 관리체계 마련			

붙임2 선진국 정책 동향

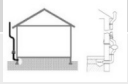

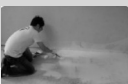
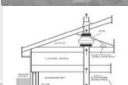

국가	라돈관리제도현황								
미국	<ul style="list-style-type: none"> • 전국적인 실내라돈조사 실시('89~'91) 및 라돈지도 작성(EPA) • 가정내 조치기준으로 4pCi/L(=148Bq/m³) 권고 <ul style="list-style-type: none"> - 라돈 저감화 방법 개발 및 제시. 국민 홍보물 제작, 배포 • 라돈측정 및 저감기술을 가지고 있는 라돈 용역업체 및 기술 인력 관리를 위한 성능검사 프로그램을 운영 <ul style="list-style-type: none"> - 성능시험에 합격한 용역업체의 목록 공개 및 이용 권장 								
체코	<ul style="list-style-type: none"> • 주택내 권고기준으로 13.5pCi/L(=500Bq/m³) 운영 • 건축자재의 라돈함량으로 기준 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 생산자와 수입업자는 건축자재의 라돈함량을 측정평가 할 의무를 가짐 - 제한값(Limit value)와 권고수준(Guidance levels)의 두가지 종류의 기준을 가지고 있으며, 제한값을 초과하는 건축자재는 사용할 수 없음. <table border="1"> <thead> <tr> <th>제한값</th><th>구분</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>150 Bq/kg</td><td>주로 사용되는 건축자재(예: 벽돌, 콘크리트 등)</td></tr> <tr> <td>200 Bq/kg</td><td>제한된 양으로 사용되는 건축자재(예: 벽타일)</td></tr> <tr> <td>1,000 Bq/kg</td><td>비주거공간에 사용되는 건축자재(예: 도로)</td></tr> </tbody> </table>	제한값	구분	150 Bq/kg	주로 사용되는 건축자재(예: 벽돌, 콘크리트 등)	200 Bq/kg	제한된 양으로 사용되는 건축자재(예: 벽타일)	1,000 Bq/kg	비주거공간에 사용되는 건축자재(예: 도로)
제한값	구분								
150 Bq/kg	주로 사용되는 건축자재(예: 벽돌, 콘크리트 등)								
200 Bq/kg	제한된 양으로 사용되는 건축자재(예: 벽타일)								
1,000 Bq/kg	비주거공간에 사용되는 건축자재(예: 도로)								

국가	라돈관리제도현황
영국	<ul style="list-style-type: none"> • 전국적인 실내 라돈조사 실시('99~'92) 및 라돈지도 작성 (영국 방사선방호위원회) - 고농도 지역의 경우 정부가 심사를 권고하고 검사비용 보조 • 가옥 내 조치기준으로 5.4pCi/L(=200Bq/m³)을 제한 • 지하 감압 등 라돈 저감화 방법 개발 및 보급
스웨덴	<ul style="list-style-type: none"> • 전국적인 실내 라돈 조사 실시('79년 이후 지속 실시, 스웨덴 라돈위원회) • 주거 시설에 대한 라돈농도 제한(의무사항) <ul style="list-style-type: none"> - 기존주택: 10.8pCi/L(=400Bq/m³) - 신규주택: 5.4pCi/L(=200Bq/m³) • 라돈 저감화 방법 권고 및 비용 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 건물 밀바닥 공기 차폐, 환기 시스템 개선, 지하 감압 등 저감화 방법 개발 및 보급 - 고농도 가옥(10.8pCi/L=400Bq/m³ 이상)에 대한 라돈 저감화 비용 50% 보조 • 토양의 라돈 농도 조사 및 라돈 위험 지도 작성 <ul style="list-style-type: none"> - 새 건물 부지에 대해 토양 라돈을 조사하도록 권고('80~) - 모든 건물 부지에 대해 측량조사시 라돈 농도 조사 실시('88, 건축 관련법) • 건축자재 관리 <ul style="list-style-type: none"> - 라돈함량이 많은 일부 건축재료(이판암) 생산 금지('75~)

붙임3 국내외 상용화된 수동형 라돈 검출기

국명	검출기명	측정기간	분석라돈기	장.단점	그림
미국	Radtrack (일회용검출기)	90일	분석기	- 경제적사용 간편 대규모 조사에 용이 - 측정기간 동안 편향이 적어 장기간 측정가능 - 검출기 내부나 검출관의 영향을 받지 않음 - 단기 측정기 어렵고 낮은 라돈농도에서는 상대적으로 정밀도가 떨어짐	  
	REMAT-100 (일회용검출기)	90일	분석기	- 단기 측정기 어렵고 낮은 라돈농도에서는 상대적으로 정밀도가 떨어짐	
	RSSIAT-101 (일회용검출기)	90일	분석기	- 측정기간 동안 검출기에 영향을 미칠수 있는 산물링 조에 대한 장해를 알 수 없음	
	E-Perm (충전식검출기)	3일~5일	라돈기 (전위계)	- 충전식(Electret)에 전압이 남아 있으면 재사용이 가능 - 한창에 전압이 다 떨어지기 전에 측정할 수 있음 - 유효기간이 길기 때문에 라돈농도 변화에 따른 보정 필요 - 백그라운드 값미산에도 감응하기 때문에 보정 필요	
	PocoRadLSC vial (충전식 측정)	2일~3일	분석기	- 취급과 설치가 간단하고 단시간 대규모 조사에 용이 - 유연충돌이 용이 - 흡입과 방출로 측정기간이 약 2~3시간 이내로 종료된 후 실험 - 온도 습도 기류에 민감 - 장기 측정 불가	
헝가리/일본	Radopot Radjet (일회용검출기)	90일	분석기	- 경제적사용 간편 대규모 조사에 용이 - 측정기간 동안 편향이 적어 장기간 측정가능 - 검출기 내부나 검출관의 영향을 받지 않음 - 단기 측정기 어렵고 낮은 라돈농도에서는 상대적으로 정밀도가 떨어짐 - 라돈과 토륨을 동시 검출	 
한국	AlphaTrack (일회용검출기)	90일	분석기	- 경제적사용 간편 대규모 조사에 용이 - 측정기간 동안 편향이 적어 장기간 측정가능 - 검출기 내부나 검출관의 영향을 받지 않음 - 단기 측정기 어렵고 낮은 라돈농도에서는 상대적으로 정밀도가 떨어짐 - 측정기간 동안 검출기에 영향을 미칠수 있는 산물링 조에 대한 장해를 알 수 없음	 

붙임4 실내 라돈 저감 시공법

구분	개념도	시공법 설명	저감효율 (%)	시공비 (천원)
기 존 주 택	토양가스 배출법 	바닥재 아래의 콘크리트 층을 토양층 까지 뚫어 sump 공간을 만들어 라돈 가스 배출관을 삽입하고 실내로 유입될 수 있는 라돈가스를 사전에 배출	50~70	4,000~5,000
	외부공기 유입법 	배관 및 팬을 설치하여 실외 공기를 강제 유입, 실내에 미세한 양압을 생성하여 바닥 아래 공간에서 라돈가스가 올라오는 것을 방지	50~70	5,000~6,000
	차폐시공법 	바닥, 벽 등에 생긴 크랙을 크랙 보수제를 이용하여 막아줌으로써 크랙을 통해 유입되는 라돈 방지	30~40	4,000~5,000
신 축 주 택	토양가스 배출법 	건물 신축시에 바닥에 자갈 등을 깔아 공간을 만들고 바닥에 배관을 깔고 흡입관 및 팬을 설치하여 토양의 라돈가스를 강제 배기 시킴	50~99	3,000~4,500
	수동적 토양 가스 배출법 	건물 신축시에 바닥에 자갈 등을 깔아 공간을 만들고 배관을 깔고 흡입관을 설치하여 실내외 압차에 의한 라돈가스 자연 배출	0~99	3,000~4,000
비고	기존 주택의 토양가스 배출법은 바닥에 별도의 공간(sump)을 만들어 주어야 함.		저감효율 및 시공비 산정은 기존 주택 라돈 저감 시공 사업을 통해 산출된 비용을 바탕으로 산정.	

감사합니다.

주제발표3

2015년 1차 환경복지연구회 워크숍

충남의 라돈 현황과 국외 정책사례

충 남 연 구 원
명 형 남 박 사

충남의 라돈 현황과 미국 사례조사 및 시사점

2015.05.11

명형남 (충남연구원)

목 차



충남의 라돈 현황



미국 라돈 관리 사례



시사점 및 제언



라돈 기준치 초과, 가족 건강 위협하는 '발암물질' 2015.03.19(목) 오전 10:13 [신고]
[OBC뉴스=권종영 기자] 전국 주택의 16%가 라돈 기준치를 초과한 것으로 나타났다. '라돈'은 1급 발암이나 위험을 일으키는 발암물질이다. 18일 국립환경과학원에 따르면 2013년...
OBC미디어

라돈 오염 지하수 노출로 폐암 사망 발생...학교 4곳 중 1곳은 라돈 노출 2015.04.28(화) 오전 11:24 [신고]
전수조사 필요" [투키뉴스=조민규 기자] 도시철도공사 소속 작업자 2명이 지하철간의 라돈 노출로 인한 폐암이 원인이 되어 사망한 사례가 국내 처음으로 확인됐다. 특히 그동안...
국민일보 | 비슷한 기사 2건

주택까지 피고 든 라돈 피해, 전 국민 건강 위협 2015.04.28(화) 오후 01:01 [신고]
에너지경제 이원철 기자 폐암으로 사망한 서울도시철도공사 직원 2명의 발병 원인이 라돈으로 밝혀지면서 논란이 일고 있는 가운데 지하철 작업 근로자에 대한 전수조사는 물론 시민...
에너지경제

라돈 오염 지하수 노출로 폐암 사망 2015.04.27(월) 오후 06:58 [신고]
여혜숙 기자] 근로복지공단의 조사 결과 도시철도공사 소속 작업자 2명이 지하철간의 라돈 노출로 인한 폐암이 원인이 되어 사망한 사례가 국내 처음으로 확인되었다. 기존에 라돈이...
현대건강신문



라돈으로 사망한 지하철노동자...전동차 내 승객은 안전한가? 2015.04.29(수) 오전 06:00 [신고]
환기시설에서 근무하던 중 폐암으로 사망한 서울도시철도공사 직원 2명의 발병 원인이 라돈 노출 때문인 것으로 확인되면서 지하철 대기실 문제가 다시 수면 위로 떠오르고 있다. 특히...
뉴스1 원문



연대 환경보건센터, 청소년 일일 라돈 캠프 개최 2015.04.21(화) 오후 06:49 [신고]
권선덕(선덕장 조승연)가 지난 4월 11일 전국 중·고등학생을 대상으로 '2015년 청소년 일일 라돈 캠프'를 개최했다. 청소년 일일 라돈 캠프는 청소년들에게 우리 생활 주변에 언제...
환경미디어

라돈 노출로 인한 사망 사례 첫 확인돼 2015.04.28(화) 오후 04:00 [신고]
근로복지공단 직업성폐질환연구소는 도시철도공사 소속 작업자 2명이 작업 중 노출된 라돈으로 인해 발생한 폐암으로 사망한 첫 사례를 확인했다고 보고했다. 장하나 새정치민주연합...
이투데이 원문

죽음의 가스 '라돈' 노출 도시철도공사 기준치 10배 2015.04.28(화) 오전 12:27 [신고]
발암물질 '라돈'에 의해 폐암에 걸려 사망한 사실이 처음 확인돼 산재 판정을 받게 됐다. 라돈 노출과 관련해 산재판정을 받은 것은 이번이 처음이다. 서울도시철도공사에 10년 이상 근무...
뉴스플러스



충남의 라돈 현황

전국 실내 라돈 조사 현황 (국립환경과학원)

표 1. 전국 실내 라돈 조사 현황

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

✓ 공공건물 : 학교, 면/동사무소

✓ 다중이용시설 : 공항여객터미널, 노인전문요양시설, 대규모 점포, 도서관, 박물관 및 미술관, 보육시설, 산후조리원, 실내 주차장, 의료기관, 자동차터미널, 장례식장, 지도도상가, 찜질방, 철도역사 대합실, 향만시설 대합실

✓ 주택 : 단독주택, 다세대주택, 연립주택, 아파트

충남의 라돈 현황

충남의 계절별 라돈 농도 변화

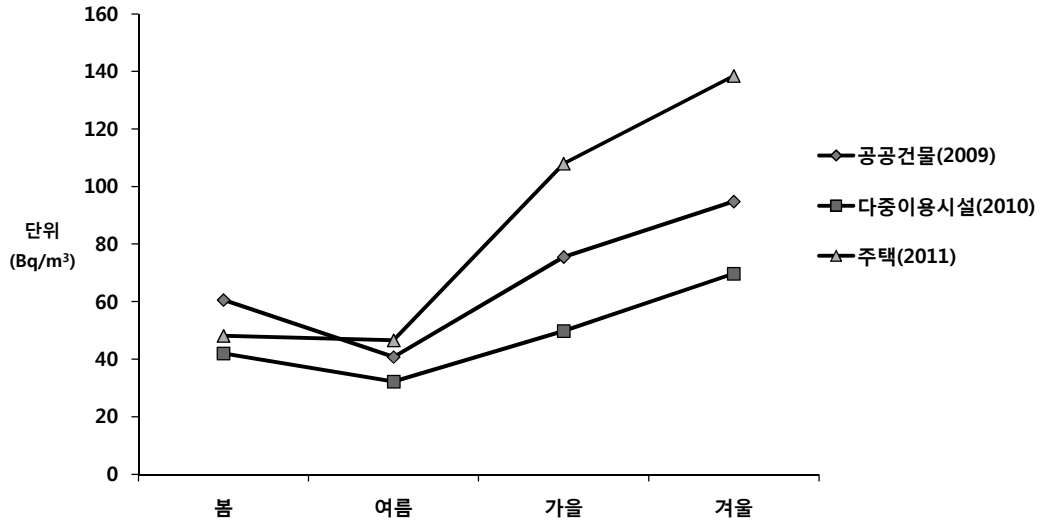


그림 1. 충남의 계절별 라돈 농도 변화

충남의 라돈 현황

지자체별 공공건물 라돈 농도 현황(겨울, 2009)

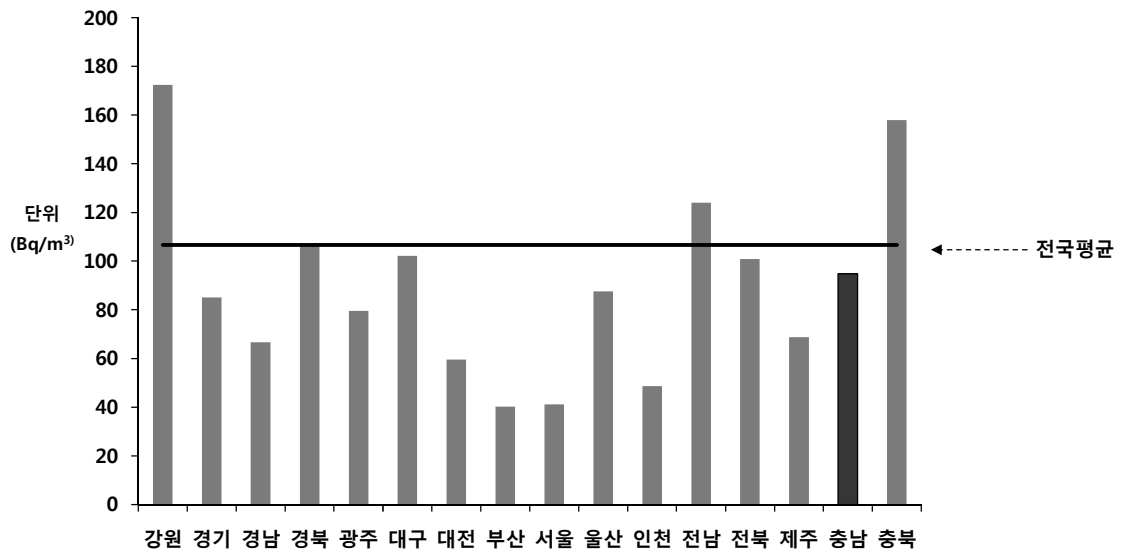


그림 2. 지자체별 공공건물 라돈 농도 현황(겨울, 2009)

충남의 라돈 현황

지자체별 다중이용시설 라돈 농도 현황(겨울, 2010)

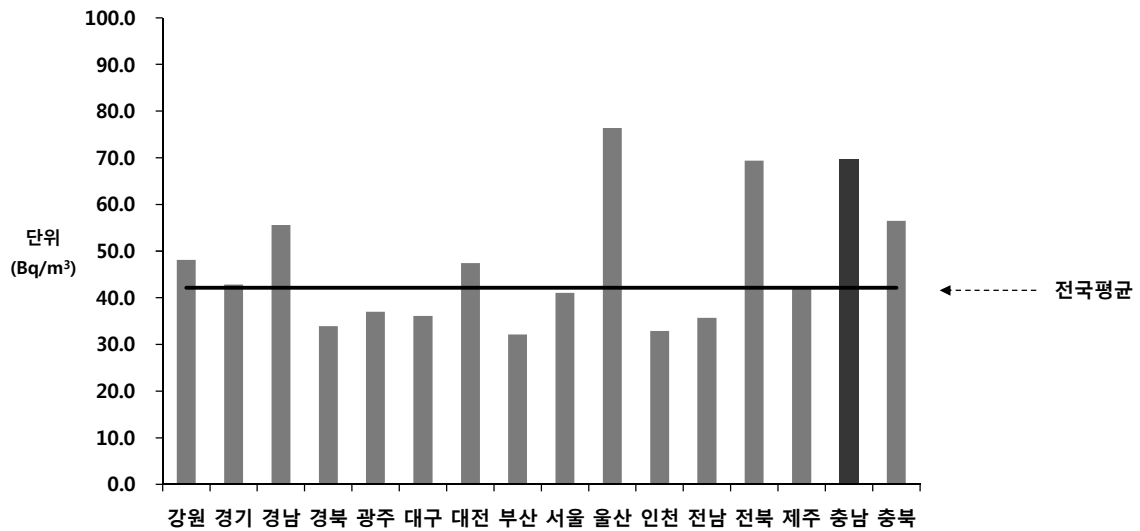


그림 3. 지자체별 다중이용시설 라돈 농도 현황(겨울, 2010)

충남의 라돈 현황

지자체별 주택 라돈 농도 현황(겨울, 2011)

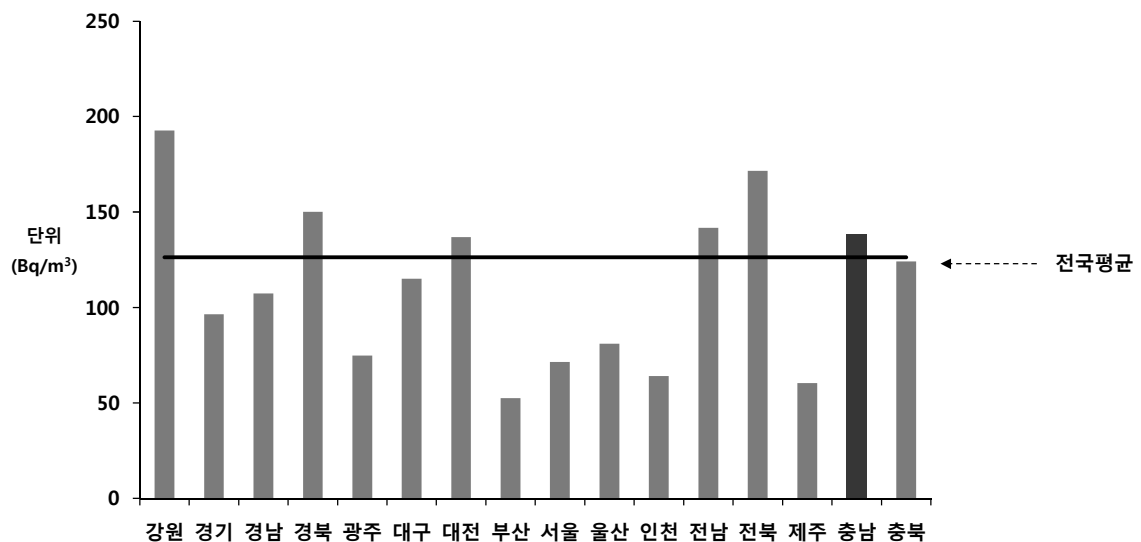


그림 4. 지자체별 주택 라돈 농도 현황(겨울, 2011)

충남의 라돈 현황

충남 시군별 주택 라돈 농도 현황(겨울, 2012)

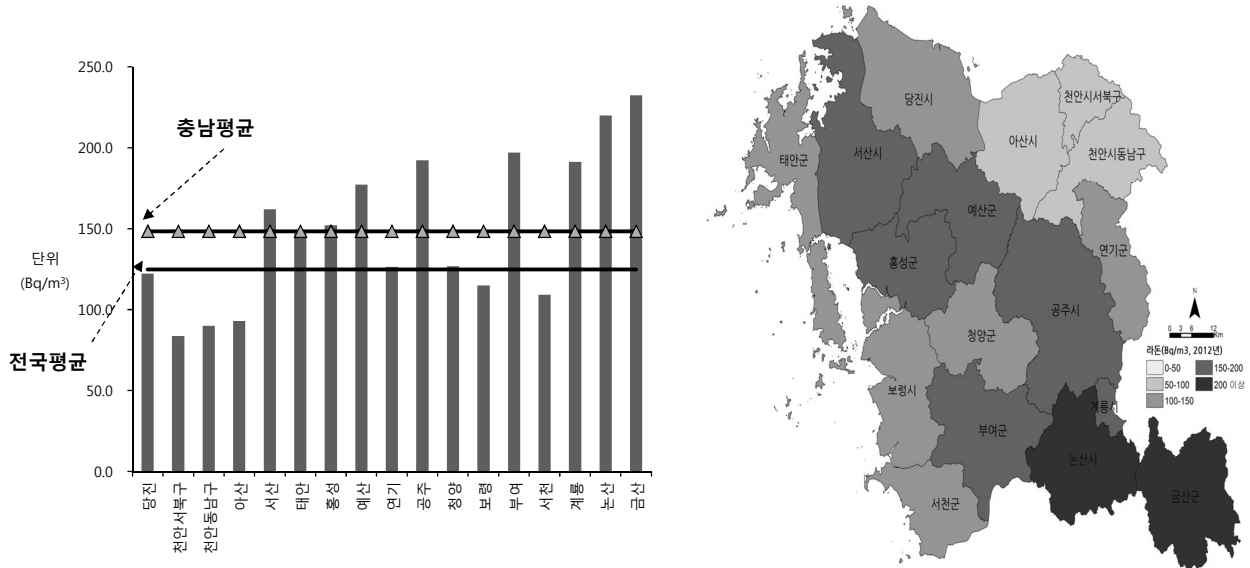
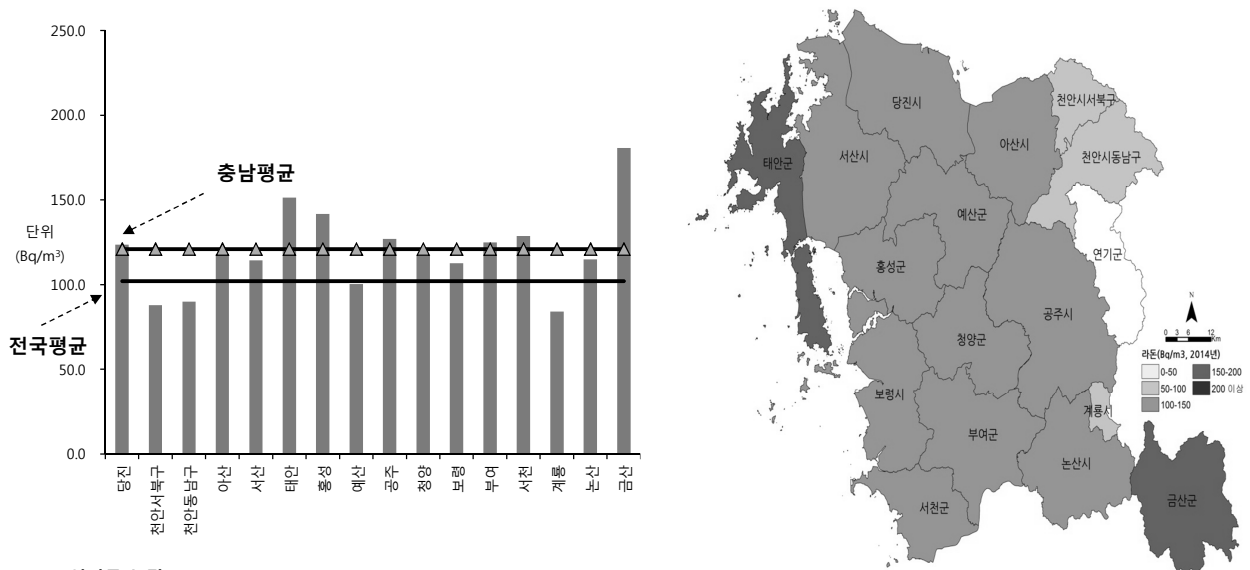


그림 5. 충남 시군별 주택 라돈 농도 현황(겨울, 2012)

충남의 라돈 현황

충남 시군별 주택 라돈 농도 현황(겨울, 2014)



* 연기군 누락

그림 6. 충남 시군별 주택 라돈 농도 현황(겨울, 2014)

외국의 라돈 저감 관리대책 현황

표 2. 각국의 라돈 관리대책 현황

국가	라돈관리제도	위해저감프로그램
미국	<ul style="list-style-type: none"> - EPA와 주정부에 의해 실내라돈조사수행 (1989~1991) - 3개의 Zone으로 구분하여 주정부와 민간을 중심으로 주택에 대한 조사 수행 - 연방 라돈 실행계획 수립 - 집을 사고 팔때 '라돈 성적표' 첨부 	<ul style="list-style-type: none"> - 라돈 위험지도 작성(EPA) - 라돈 국민 홍보물 발행 - 라돈 측정 서비스제공업체 및 기술인력 관리를 위한 숙련도검사 프로그램 실시
캐나다	<ul style="list-style-type: none"> - 캐나다보건부는 캐나다 전역의 주택 실내 라돈 조사수행(2009) 	<ul style="list-style-type: none"> - 캐나다 보건부, 라돈 가이드라인 발행 - 라돈 서비스 교육 전문가 인증프로그램 운영
스웨덴	<ul style="list-style-type: none"> - 실내 라돈 조사 수행(1979부터) - 모든 건물부지에 대해 측량 조사시 라돈 농도 조사 실시 - 건축자재 관리, 라돈 함량이 많은 일부 건축 재료 생산 금지 	<ul style="list-style-type: none"> - 라돈 위험 지도 작성 - 라돈 저감 방법 권고 및 비용 지원 (고농도 주택에 대한 라돈 저감화 비용 50% 보조)
영국	<ul style="list-style-type: none"> - 실내 라돈 조사 수행(1991~1992) - 토양 라돈 배출시스템 도입 등 라돈 저감화 방법 개발 및 보급 	<ul style="list-style-type: none"> - 라돈 위험지도 작성 - 라돈 측정 및 고용주, 전문가, 지자체를 위한 라돈 정보 제공
스위스	<ul style="list-style-type: none"> - 국가 라돈 대책 수립(21012~2020) - 라돈 저감을 위한 건물 건축 방법 권고 	<ul style="list-style-type: none"> - 라돈 위험지도 작성 - 스위스 라돈 핸드북 발행
벨기에	<ul style="list-style-type: none"> - 라돈 배출을 위한 건물 건축 방법 권고 - 라돈 예방 및 저감의 지원 비용 보조금 제도 	<ul style="list-style-type: none"> - 라돈 위험지도 작성 - 라돈 저감 방법 권고 및 비용 지원
WHO	<ul style="list-style-type: none"> - 2005년 국제 라돈 프로젝트 착수 - 회원국 중 36개 국가에서 실내 라돈에 대한 설문조사 실시 	<ul style="list-style-type: none"> - WHO 실내 라돈 리플렛 발행 및 배포

자료 : KEL, 2013

미국 연방 라돈 실행계획 (Federal Radon Action Plan)

개요

- ✓ 라돈의 노출을 감소시킴으로써 공중보건과 가정 내 건강 보호를 위해 수립된 다년 계획(2011년~2015년)
- ✓ 실내 라돈에 의한 장기적 영향을 감소시키기 위해 최초로 다기관의 협력을 통한 광범위한 계획 수립

표 3. 미국 라돈 사업계획의 9개 참여기관

- 농무부(Department of Agriculture; USDA)
- 국방성(Department of Defence; DOD)
- 에너지성(Department of Energy; DOE)
- 환경청((US Environmental Protection Agency; EPA)
- 총무청(General Services Administration; GSA)
- 보건복지부(Department of Health and Human Services; HHS)
- 주택도시개발부(Department of Housing and Urban Development; HUD)
- 내무부(Department of the Interior; DOI)
- 재향군인회(Department of Veterans Affairs; VA)

미국 연방 라돈 실행계획 (Federal Radon Action Plan)

사업계획

- ✓ 단계별 전략에 따라 사업계획 실시
 - 1단계 : 라돈의 위해성 인식 함양 및 관리역량 강화 단계
 - 2단계 : 정부, 산업, 시민 등 간의 협력을 통한 실천 단계
- ✓ 사업계획에 유관기관과의 협력을 위한 33개의 세부 사업 포함

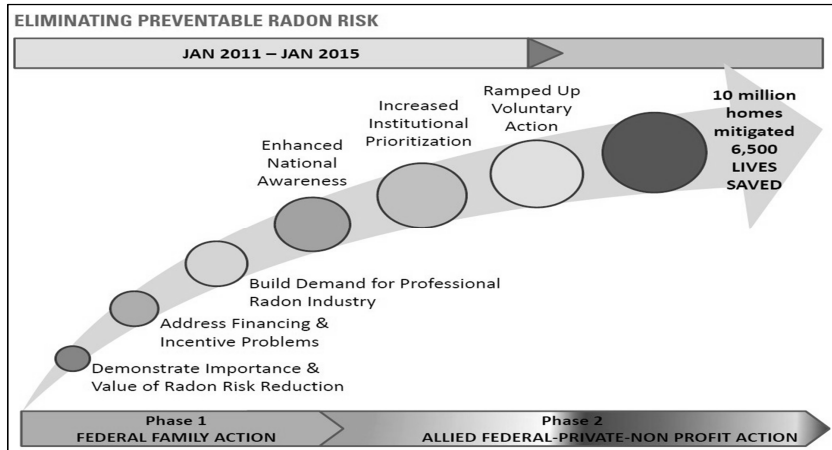


그림 7. 미국 연방 라돈 실행계획 (자료 : EPA_A Federal Action Plan for Saving Lives, 2011)

미국 연방 라돈 실행계획 (Federal Radon Action Plan)

전략에 따른 부처별 세부사업

표 4. 미국 연방 라돈 실행계획의 전략별 세부사업

전략	담당기관	세부사업
인식 함양	환경청(EPA), 주택도시개발부(HUD), USDA(농무부), HHS(보건복지부)	가정 대상으로 한 기존의 라돈 캠페인(위험 인식 및 건강 보호)을 활용한 부처 간 라돈 복지 사업에 협력
	국방성(DOD)	라돈 노출과 관련된 건강위험과 이러한 위험을 해결하기 위한 솔루션에 대한 모든 인력 기반을 교육하는 커뮤니케이션 캠페인을 개발
	주택도시개발부(HUD)	라돈 검사 및 경감에 대한 규제가 공공주택 및 공공임대주택에도 이루어 질 수 있도록 가능한 많은 프로그램에 통합
	주택도시개발부(HUD)	주택공급 기초조사의 첫 시도로 진행되는 공공주택 및 공공임대주택에 대한 조사 프로토콜의 일환으로 라돈 수치 정보 수집을 위한 계획을 18개월 이내로 수립
	보건복지부(HHS) ¹	라돈을 "건강한 가정을 위한 사업(Healthy homes activities)"에 포함
	보건복지부(HHS) ²	국가 암 예방사업에 참여한 주를 대상으로 라돈에 대한 인식 함양
	보건복지부(HHS) ¹ , 환경청(EPA)	환경보건추적조사 물질에 라돈 포함
	보건복지부(HHS) ³	라돈에 대한 독성프로파일 업데이트
	에너지성(DOE)	건강한 가정을 위한 라돈의 인식 함양
	내무부(DOI)	70,000명에 해당하는 근로자들에게 라돈의 위험성에 대한 문자전송



미국 연방 라돈 실행계획

(Federal Radon Action Plan)

계속

전략	담당기관	세부사업
재정마련 및 장려금 지원	주택도시개발부(HUD)	에너지 절약 대출프로그램에서 라돈 경감부분의 비용을 지원(비에너지분야 25%를 제외)
	농무부(USDA)	적응 노력에 대한 자금 조달로써 라돈의 기준수치를 상회하는 504개의 집수리 부여 대상자 및 대출자를 지원할 수 있는 비영리 단체와의 협정을 개발
	농무부(USDA)	지방 주택보증프로그램관리자 및 주 단위 주택 재정담당자들을 대상으로 라돈의 위험성에 대한 교육을 통해 기존 건물(zone1과 zone2 지역)에 대한 라돈 검사를 장려
	농무부(USDA)	건물 수리 및 리모델링 사업과 학교 및 탁아시설의 라돈 경감 및 검사를 수행하는 필수 지역사회 프로그램을 활용하여 재정운영을 극대화
	재향군인회(VA)	차용자로 하여금 라돈노출이 건강에 미치는 영향에 대한 정보제공을 통하여 라돈 검사이행 및 적응을 장려
	재향군인회(VA)	주택 대출 보증 프로그램에 라돈 적응 비용을 제공
	환경청(EPA), 주택도시개발부(HUD), 농무부(USDA)	지역 건강 가정 프로그램에 대한 지원의 맥락에서 라돈 위험 감소를 지원하는 지역사회 자선 활동 참여
	환경청(EPA), 재무부	국민보건 계정 지출에서 라돈 검사 및 적응 비용의 공제를 용이하게 제공



미국 연방 라돈 실행계획

(Federal Radon Action Plan)

계속

전략	담당기관	세부사업
전문 서비스 산업에 대한 수요창출	국방성(DOD)	현재의 라돈 측정, 적응책과 라돈 노출을 최소화시키기 위한 저층건물(다세대주택, 학교, 보육시설 등)에 대한 건설기준안 등을 반영하여 통합시설기준(Unified facility criteria)을 검토하고 업데이트시행
	국방성(DOD)	잠재적 라돈 위험지대(Zone 1)에 있는 저층건물의 규모와 상태를 파악하고, 라돈이 평가되지 않은 건물에 대하여 노출수준이 EPA 4 pCi/L 이상일 경우의 라돈 검사 및 적응 방법을 개발
	환경청(EPA)	학교시설에서의 라돈 측정기술 및 적응에 대한 새로운 표준개발투자
	에너지성(DOE)	내후성지원프로그램 (Weatherization Assistance Program ;WAP) 운영이 가정 내 라돈 농도에 영향을 주는지를 결정하기 위한 연구 사업을 종결
	에너지성(DOE)	가정에서 새롭게 라돈이 검출되거나 WAP 시행 이후에도 라돈 수준이 증가하였을 때 어떠한 수준의 대책을 세워야 하는지에 대한 다양한 대책 프로토콜을 검증
	에너지성(DOE)	건강한 가정 커리큘럼(health homes curriculum)을 라돈의 검출 및 대책에 대한 내용을 포함한 WAP의 훈련양성 항목에 포함시킴
	에너지성(DOE)	WAP 네트워크의 모든 작업자는 향후 2 년 동안 상기 훈련을 DOE의 정기 안전 보건 교육의 일환으로써 훈련시행
	주택도시개발부(HUD)	건강한 가정 프로그램 수혜자는 HUD에서 요구하는 건강한 주택 평가 도구를 이용하여 라돈과 같은 방사선의 소스를 확인 해야하며, 위험지역에서는 적응활동 수행 하도록함

미국 연방 라돈 실행계획

(Federal Radon Action Plan)

계속

전략	담당기관	세부사업
전문 서비스 산업에 대한 수요 창출	농무부 (USDA)	신규 및 기존 농촌 주택에 집중적인 검출 활동을 위하여 CES(Cooperative extension Services)와 협력
	농무부 (USDA)	다세대 주택 건축 개발자들을 대상으로 라돈의 위험성과 라돈 검출 시 적응방법에 대한 교육을 수행
	농무부 (USDA)	농촌지역 주택 및 지역사회 시설개발 프로그램을 통한 라돈 검출방법 및 적응방법 증진
	내무부(DOI)	국립공원 서비스를 통해, 라돈에 대한 약 5,000개 주거지에 대해 라돈을 검사
	내무부(DOI) ⁴	약 3,500개 주거지 및 500개 학교에 대한 라돈 검사를 수행하고 라돈 위험에 대한 인식을 높이기 위해 지자체와 협력
	총무청(GSA)	Federal real property program을 통해 라돈에 대한 검사 및 보육 시설에서 높은 수준의 적응을 모색
	총무청(GSA)	세입자들을 대상으로 전문적인 라돈 관련 서비스를 제공

자료 : EPA (A Federal Action Plan for Saving Lives), 2011

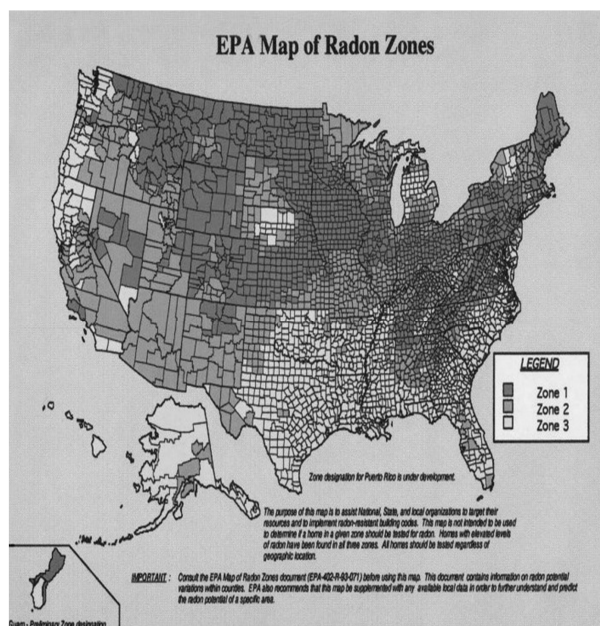
주)

1. 질병관리본부 국립환경보건센터(CDC National Center for Environmental Health)
2. 질병관리본부 암 예방 관리과(CDC Division of Cancer Prevention and Control)
3. 독성물질 질환 등록국(Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
4. (내무부의) 인디언부(Bureau of Indian Affairs)

미국 연방 라돈 실행계획

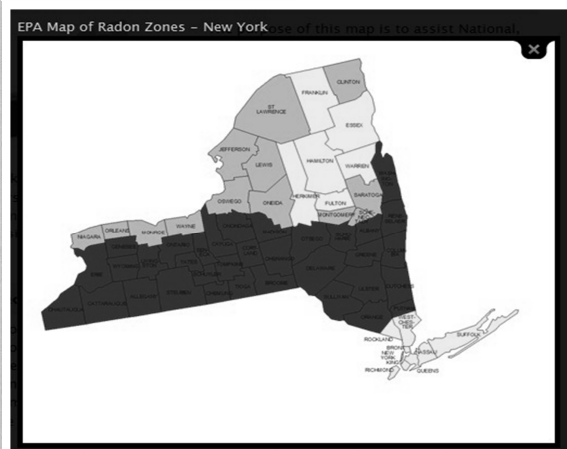
(Federal Radon Action Plan)

라돈 지도 작성 및 공개



Find state-specific radon information
(state radon coordinator, state information, zone maps (including full page versions of the state maps), radon-resistant new construction, regional contact information, radon action month, and more.)

New York



- ✓ 뉴욕주의 상태지도
- ✓ 뉴욕주의 라돈 프로그램 담당자 연락처
- ✓ 라돈 방지 건설업체 명단, 라돈 행동의 달 이벤트 등 다양한 정보를 포함하여 온라인에 제공

그림 8. 미국 라돈 지도 (자료 : EPA, 2015)



미국 연방 라돈 실행계획

(Federal Radon Action Plan)

권역별 라돈 훈련센터 운영

- ✓ 권역별 4개의 지역 라돈 훈련 센터를 운영
- ✓ 라돈 측정 및 저감, 라돈 저감 시스템 검사, 부동산 거래시 라돈 측정과 관련된 프로세스, 저감 품질 보증 계획, 건강 및 안전 계획 등 일반 코스와 전문가 코스로 구분하여 과정 진행

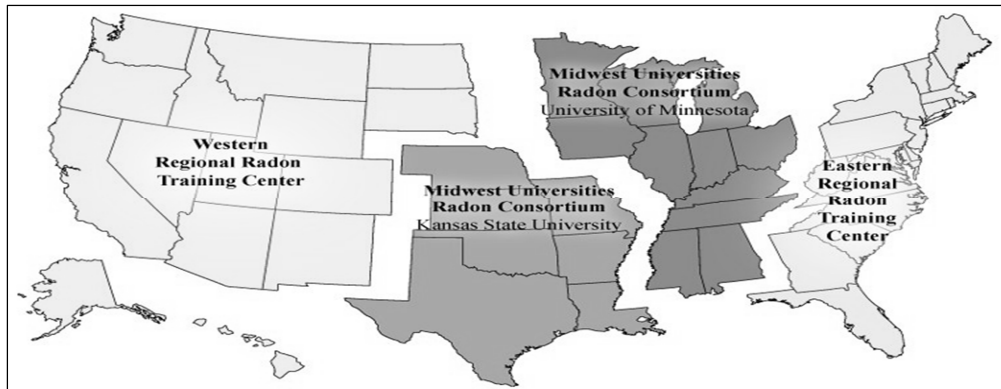


그림 9. 미국의 권역별 지역 라돈 훈련 센터 (자료 : EPA, 2015)



미국 연방 라돈 실행계획

(Federal Radon Action Plan)

주정부 실내 라돈 보조금 프로그램 (state indoor radon grant (SIRG) program)

- ✓ EPA는 법에 근거하여 주정부와 자치구에 라돈 위해도 저감을 위한 프로그램을 지원하기 위해 주정부 실내 라돈 보조금 프로그램을 운영
- ✓ 매칭 펀드 형태로 최소 40% 이상 사업비를 지원 받음
- ✓ 보조금을 받는 주정부나 자치구의 기관은 전략목표와 활동계획, 결과를 매년 평가하여 다음해의 보조금 할당 금액을 조정 받음
- ✓ 보조금은 고농도 라돈 지역, 프로그램의 우선순위 분야를 선정하여 지급
 - 학교와 신규주택에 라돈 저감의 새로운 기술을 적용하는 프로그램
 - 학교에 라돈 측정 및 감소 프로그램
 - 라돈 위험이 높은 지역에 라돈 프로그램을 개발
 - 라돈 프로그램의 효율성과 실행가능성을 향상
 - 라돈의 위험을 감소시키는데 관련분야의 파트너와 협력하는 프로그램
 - 혁신적인 라돈 인식 활동 등

미국 연방 라돈 실행계획

(Federal Radon Action Plan)

학교시설 (보육시설 포함) 라돈 관리프로그램

- ✓ 미국의 실내 공기질 관리와 라돈 사업계획 일부로서 환경청(EPA)에서 학교 시설을 대상으로 라돈 관리 매뉴얼을 개발하여 관련 도구 및 프로그램을 제공

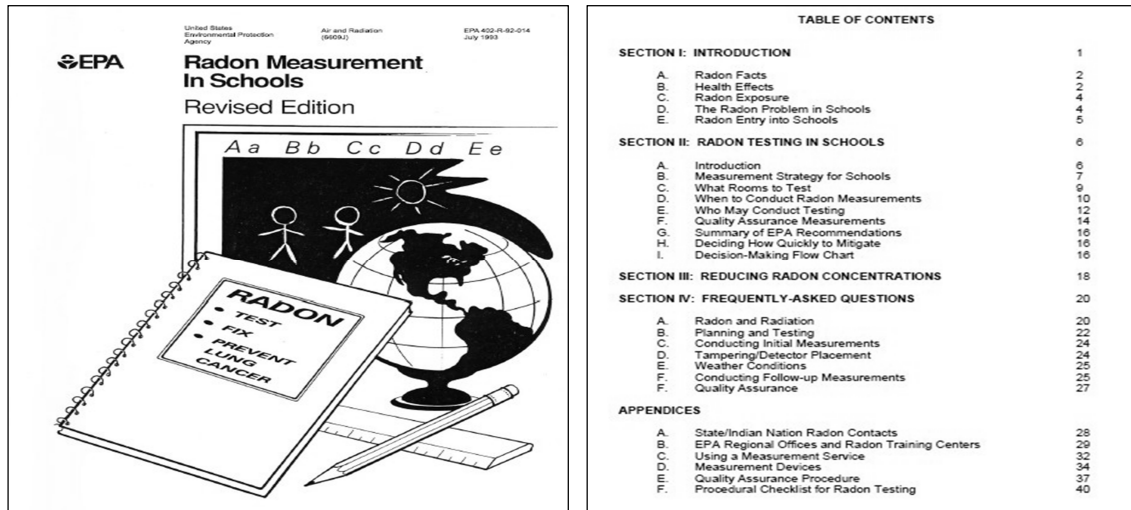


그림 10. 미국 학교에서의 라돈 관리 매뉴얼 표지 및 목차 (자료 : radon measurement in schools, EPA)

미국 연방 라돈 실행계획

(Federal Radon Action Plan)

학교시설 (보육시설 포함) 라돈 관리프로그램

- ✓ 핵심요인을 1)체계화(organize), 2) 소통(communicate), 3) 측정 (assessment), 4) 계획수립(plan), 5) 수행(Act), 6)평가(Evaluation)로 제시

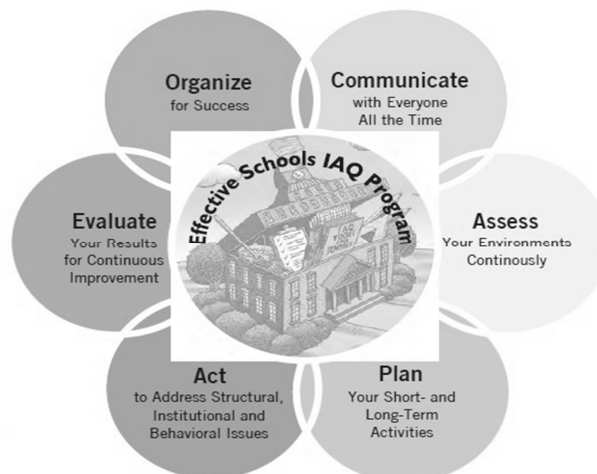


그림 11. 효율적인 학교 실내 공기 질 관리를 위한 framework (자료 : radon measurement in schools, EPA)



미국 연방 라돈 실행계획

(Federal Radon Action Plan)

학교시설 (보육시설 포함) 라돈 관리프로그램

- 체계화
 - ✓ 학교에서의 라돈 저감을 위해 국가 보건안전위원회, 지역보건부서, 기술자 등 라돈 전문가그룹을 지원
 - ✓ 학교 라돈 실태에 맞게 단계별로 대응할 수 있도록 라돈 단계별 프로그램 교육 및 제시
- 소통
 - ✓ 학교뿐만 아니라 라돈 노출의 주요장소인 가정에서도 라돈의 피해를 줄이기 위해 라돈 테스트 및 결과, 관련계획, 조치 등을 라돈 관리자가 부모님과 상의하고 소통할 수 있도록 프로그램 운영
- 측정
 - ✓ 측정 키트를 통해 학교 내 라돈 농도를 지속적으로 측정하여 라돈 평균 농도가 높은지 체크
- 수행, 계획
 - ✓ 측정결과에 대한 의사결정, 적응활동을 위한 기본계획 수립
- 평가
 - ✓ 라돈 노출에 의한 피해를 지속적으로 저감하기 위해서 결과에 대한 피드백 수행



미국 연방 라돈 실행계획

(Federal Radon Action Plan)

학교시설 (보육시설 포함) 라돈 관리프로그램

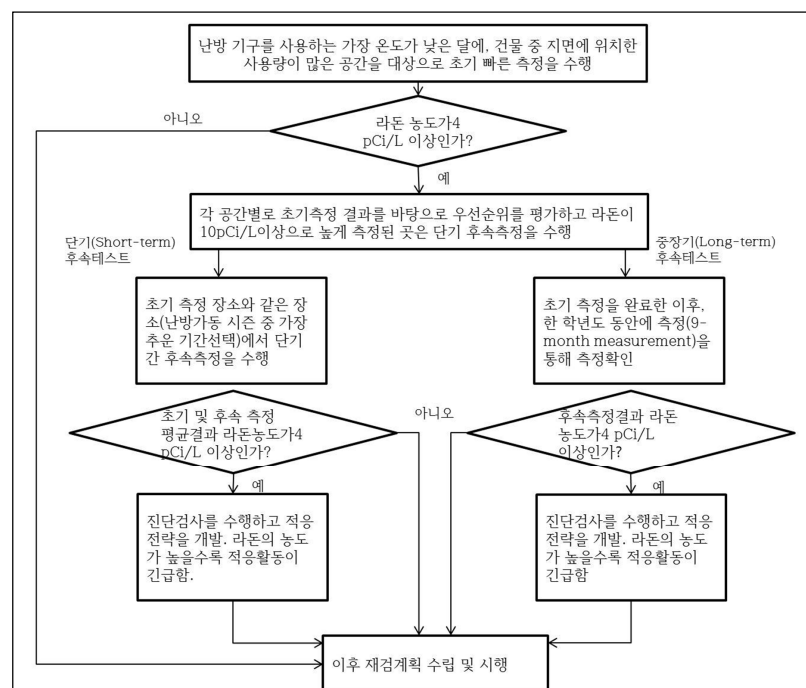


그림 12. 측정결과에 따른 의사결정의 흐름 (자료 : radon measurement in schools, EPA)



미국 연방 라돈 실행계획

(Federal Radon Action Plan)

학교시설 (보육시설 포함) 라돈 관리프로그램

SAMPLE DEVICE PLACEMENT LOG Page 1 of 1

SCHOOL: Oldtown High School

Room # / Name	Location	Serial #	Start Date	Start Time	Stop Date	Stop Time	Comments	Result
100	S wall cabinet	65093	11/1/93	7:22 AM	11/5/93	4:34 PM		
102	bookshelf	93277	*	7:26 AM	*	4:37 PM		
104	file cabinet	17349	*	7:31 AM	*	4:42 PM		
106	file cabinet	84758	*	7:33 AM	*	4:44 PM		
B	B	09543	*	7:35 AM	*	4:45 PM		
108	teacher's desk	69299	*	7:37 AM	*	4:49 PM		
110	on lockers	59021	*	7:40 AM	*	4:51 PM	slight damage	
112	above shelves	48770	*	7:45 AM	*	4:53 PM		
114	storage cabinet	55673	*	7:47 AM	*	4:56 PM		
116	N wall	80173	*	7:50 AM	*	4:58 PM		
115	bookshelf	28556	*	7:52 AM	*	5:01 PM		
113	shelf (SE side)	74305	*	7:55 AM	*	5:03 PM		
D	D	97033	*	7:58 AM	*	5:06 PM		
111	2nd file cab.	86848	*	8:02 AM	*	5:08 PM		
109	hung from ceil.	96026	*	8:05 AM	*	5:12 PM		
107	on shelf	19485	*	8:08 AM	*	5:14 PM		
105	fire ext. case	67809	*	8:12 AM	*	5:17 PM	device fell	
103	desk (W corner)	32289	*	8:14 AM	*	5:19 PM		
101	N wall shelves	65617	*	8:17 AM	*	5:21 PM		
D	D	22021	*	8:20 AM	*	5:24 PM		

NAME: _____

SAMPLE FLOOR PLAN

SCHOOL: Oldtown High School

그림 13. 라돈 측정을 위한 샘플 배치 등 (자료 : radon measurement in schools, EPA)

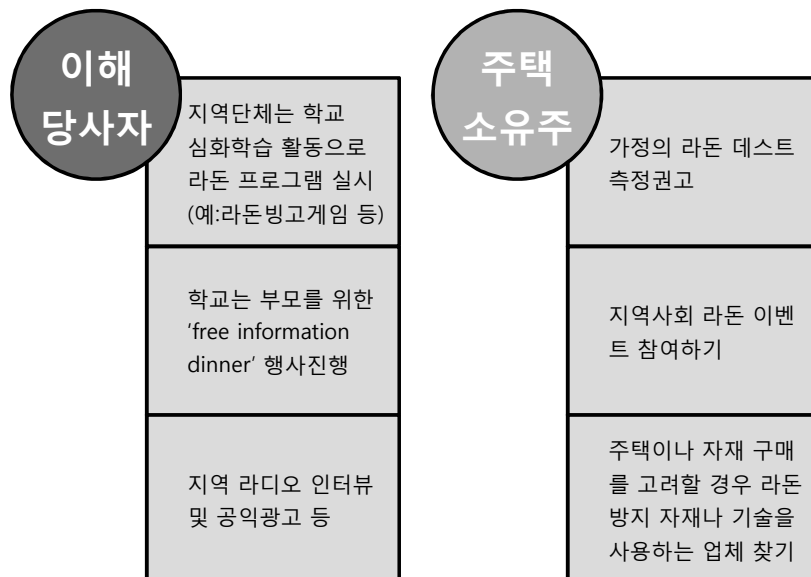


미국 연방 라돈 실행계획

(Federal Radon Action Plan)

국가 라돈 행동의 달

✓ 매년 1월을 국가 라돈 행동의 달로 지정



미국 연방 라돈 실행계획


(Federal Radon Action Plan)

라돈 캠페인

- ✓ TV, 라디어, MP3, 신문, 잡지 등 여러 형식으로 홍보자료 제공


Archived Radon Media Campaigns

Consumer Education: What is Radon?




(WMV, 0:4:35, 46.4 M)
Find MP2, MP4, WMV and FLV versions of this video at www.epapsa.com/campaigns/epu/ [\[EXIT Disclaimer\]](#)

Surgeon General's Warning Radon PSA Campaign




(MP4, 0:0:30, 3 M) Also available in Spanish
Order TV, Radio, Print (Newspaper, Magazine and Real Estate) from www.epapsa.com/campaigns/surgeongeneral/ [\[EXIT Disclaimer\]](#)

Emmy Award* Winning Radon PSA "The Man on the Street" National Campaign




(MPG, 0:0:30, 3.1 M) Also available in Spanish
Find TV and Radio spots at www.epapsa.com/campaigns/manonstreet/ [\[EXIT Disclaimer\]](#)

"People on the Street"




(MPG, 0:0:30, 26 M)
www.epapsa.com/campaigns/peopleonstreet/ [\[EXIT Disclaimer\]](#)

"Take the National Radon Test"



(MPG, 0:0:30, 26 M)
Find two other Test Clip at www.epapsa.com/campaigns/radontest/ [\[EXIT Disclaimer\]](#)

Radon PSA "Rooftops"



(MPG, 0:0:30, 2.6 M)
Find TV and Radio spots at www.epapsa.com/campaigns/rooftops/ [\[EXIT Disclaimer\]](#)

그림 14. 미국의 미디어 캠페인 (자료 : EPA, 2015)

미국 연방 라돈 실행계획

(Federal Radon Action Plan)

라돈 캠페인

- ✓ 비디오 경연대회 실시 : 폐암 생존자 에디 멧 칼프의 실화 '에디의 이야기'
- ✓ 미국 모든 지역의 9~14세 학생 대상 라돈 포스터 경연대회 실시

Eddie's Story by Benjamin Schultz and Michael Gentilini

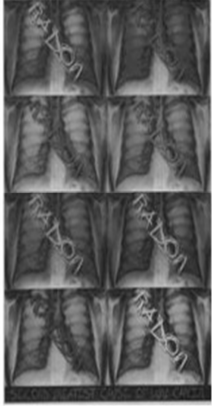
Radon: Eddie's Story



(0:4:35)


그림 15. '에디의 이야기' 2014년 수상작 (EPA, 2015)

1st Place
Second Cause of Lung Cancer



Maison, Age 13 of Provo, UT

2nd Place
Will You Be One of Them



Nicole, Age 12 of Kapolei, HI

그림 16. 미국 라돈 포스터 경연대회 2014년 우승작품 (자료 : EPA, 2015)



시사점 및 제언

지역별로 정밀한 라돈 노출 실태 파악 필요

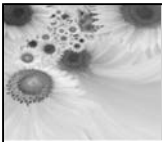
- ✓ 미국의 경우 이미 전국의 라돈 지도까지 작성하였고, 지역별로 라돈 노출의 정확한 측정을 위한 주정부 및 지역과의 협업을 통해 지속적으로 지역별 데이터들을 보완하고 있는 상황
- ✓ 우리나라는 현재 미국과 같은 선진국에 비해 라돈 노출 실태조사의 지점수도 턱없이 낮은 상황
- ✓ 충남은 농도에 따른 관리지역을 더 세밀하게 구분하고, 고농도 지역을 중심으로 정밀한 라돈 노출의 실태 파악이 필요



시사점 및 제언

관련 부처간 역할 정립 및 협력을 위한 단계별 전략적 접근 필요

- ✓ 미국의 경우 EPA에서는 1, 2단계에 따라 전략별로 유관기관과의 협력을 극대화하는 33개의 세부사업을 제시하고 있음
- ✓ 우리나라도 효율적인 라돈 관리를 위해서는 관련 부처간 역할 정립 및 협력을 위한 단계별, 전략별 접근이 필요함
- ✓ 특히 우리나라의 경우, 취약계층인 영·유아, 어린이 대상시설에 적용하는 법이 달라 관련 부처간 협력과 소통이 절실하게 필요
 - : 어린이집은 '다중이용 등의 실내 공기질 관리법'의 권고기준으로 적용
 - : 학교는 '학교 보건법'의 유지기준으로 적용



시사점 및 제언

영·유아 및 어린이 대상시설의 라돈 관리 우선 필요

- ✓ 미국의 경우 학교 등 어린이를 대상으로 라돈 저감 기술 및 감소 프로그램을 실시하는 것에 보조금을 우선 지급하는 등 영유아 및 어린이를 라돈 관리의 우선순위로 하고 있음
- ✓ 한국원자력안전기술원에서 건물 종류별(병원, 지하철, 지하상가, 공공사무실, 백화점, 학교) 라돈 농도를 측정한 결과에 따르면, 학교 건물이 지하철이나 공공사무실 공간보다 높은 것으로 나타남. 따라서 우리나라도 영유아 및 어린이를 위한 라돈 관리 대책이 우선적으로 필요함
- ✓ 충청남도는 다중이용시설의 경우 다른 지자체에 비해 라돈 농도가 높게 나왔으므로 이에 대한 대책 필요



시사점 및 제언

영·유아, 어린이 대상시설의 라돈 관리 우선 필요

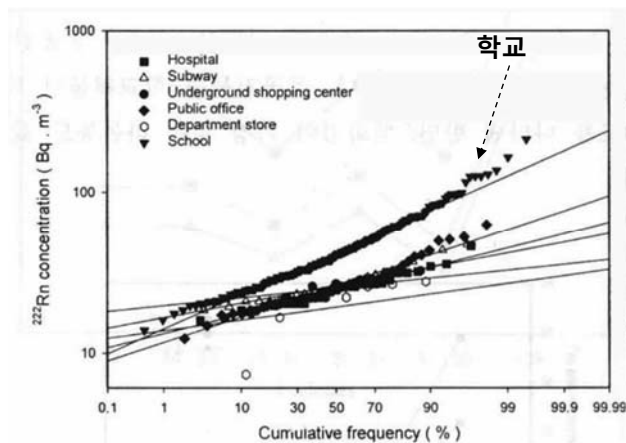


그림 17. 공공건물 종류별 연평균 라돈 농도의 누적 빈도 분포
(자료: KINS, 2001)

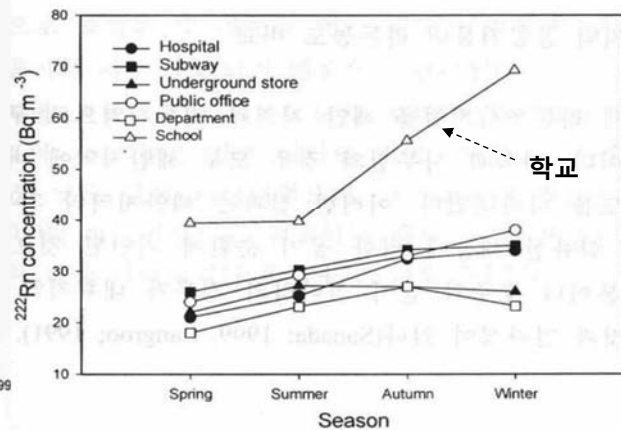


그림 18. 공공건물 유형에 따른 계절별 라돈 농도 분포
(자료: KINS, 2001)



시사점 및 제언

영·유아 및 어린이 대상 라돈 관리 매뉴얼 개발·적용 필요

- ✓ 미국 EPA는 학교에서 상시적·자발적으로 라돈 농도를 측정·관리할 수 있도록 매뉴얼을 개발하여 적용함으로써, 라돈 노출로부터 어린이를 적극적으로 보호하고 있음
- ✓ 영유아 및 어린이들이 하루의 대부분 시간을 보내야 하는 어린이집, 유치원, 학교 등은 수업중이나 방학중에 밀폐되고 노후된 건물이 많아 라돈에 쉽게 노출될 수 있는 환경을 갖추고 있음
- ✓ 따라서 우리나라도 미국과 같이 라돈 노출을 상시적·자발적으로 측정할 수 있는 영유아, 어린이 대상 관리 매뉴얼을 개발하여 적극적으로 적용하는 것이 필요



시사점 및 제언

영·유아, 어린이 대상 라돈 사각지대 관리 필요

- ✓ 우리나라는 학교의 경우 '학교보건법 시행규칙'에 의거하여 라돈 측정 대상을 지하교실로 한정시켜 놓아, 미국처럼 학교 전체의 다양한 라돈 노출 정도를 파악할 수 없는 실정
- ✓ 특히 어린이집 시설의 경우는 '다중이용 등의 실내 공기질 관리법'의 권고 기준에 따라 2년에 1회 라돈 측정을 권고하는 수준에 머물고 있으며, 시행규칙인 '다중이용시설 등의 실내 공기질 관리법 시행규칙'에 따르면 이마저도 연면적 430m² 이상인 경우에만 적용할 수 있는 상황
- ✓ 따라서 영유아와 어린이들이 라돈 노출의 사각지대에서 벗어날 수 있는 제도 개선 및 관리 등이 필요



시사점 및 제언

영·유아, 어린이 대상 라돈 사각지대 관리 필요

- ✓ 전국 22,000개의 유치원 및 어린이집에 대해 조사한 자료에 의하면, 어린이집 10곳 중 4곳은 실내 공기질을 측정하지 않으며, 공기질을 측정 하더라도 70%정도는 연 1~2회만 측정하는 것으로 나타남

표 5 . 유치원 안전점검 현황

단위: %

구분(n=524)	실시 비율	점검 횟수					점검 담당자		
		연 1~2회	분기 1회	매월 1회	매주 1회	매일	교사	원장	그외 직원
기관 보호벽 및 주변 관리	99.2	5.4	7.5	51.9	15.4	19.8	40.3	15.1	44.6
문과 창문 안전상태	99.4	1.2	1.7	28.6	15.0	53.6	79.4	3.2	17.4
화장실, 계단, 교실 바닥	99.2	0.8	0.2	22.3	13.1	63.7	80.9	2.3	16.8
놀잇감이나 부품 안전 및 파손	99.2	0.8	0.2	17.7	19.2	62.1	90.0	1.3	8.7
전선 및 화기 점검	99.2	1.9	4.0	44.2	14.8	35.0	39.5	9.7	50.8
가스밸브, 중간밸브 잠금 확인	98.7	1.7	2.1	21.1	4.8	70.2	37.1	4.6	58.3
안전벨트 등 차량안전장비	78.1	1.0	1.5	14.7	7.8	75.1	46.3	3.9	49.8
놀이기구 고정 여부 점검	95.0	2.6	1.6	31.9	20.9	43.0	59.3	8.4	32.3
실내 공기 질 측정	91.0	64.6	17.2	9.2	2.7	6.3	24.0	13.2	62.8

주: 원장 대상 조사결과임.

자료 : 육아정책연구소, 2014

표 6 . 어린이집 안전점검 현황

단위: %

구분(n=631)	실시 비율	점검 횟수					점검 담당자		
		연 1~2회	분기 1회	매월 1회	매주 1회	매일	교사	원장	그외 직원
기관 보호벽 및 주변 관리	98.7	7.7	6.6	27.6	18.3	39.8	40.9	40.7	18.4
문과 창문 안전상태	98.9	1.3	0.8	9.6	12.8	75.5	81.0	14.3	4.9
화장실, 계단, 보육실 바닥	99.0	0.3	0.3	2.9	8.6	87.8	85.8	9.2	5.1
놀잇감, 부품 안전·파손	99.2	0.2	0.2	2.1	8.8	88.8	89.4	7.3	3.3
전선 및 화기 점검	98.9	1.0	2.1	16.5	14.1	66.3	55.9	30.4	13.6
가스밸브, 중간밸브 잠금	98.9	0.6	1.1	3.5	3.0	91.7	34.4	27.3	38.3
차량 안전 장비 상태 확인	65.5	0.0	0.2	3.1	5.6	91.0	51.1	22.7	26.3
놀이기구 고정 여부	80.0	0.6	1.0	10.5	15.6	72.3	66.0	25.0	9.1
실내 공기 질 측정	61.3	69.5	5.9	5.9	2.8	15.8	22.7	45.9	31.4

주: 원장 대상 조사결과임.



시사점 및 제언

어린이집, 학교 등을 라돈 노출 저감을 위한 위해도 소통의 연결고리로 활용

- ✓ 미국의 경우 학교 차원의 라돈 관리 프로그램을 통해 라돈 노출의 주요 장소인 가정에서도 라돈을 관리할 수 있도록 부모를 대상으로 한 교육을 실시하고 있으며, 지역단체 및 정부, 각종 라돈 관련위원회와 연계된 라돈 저감 관리프로그램도 운영하고 있음
- ✓ 우리나라의 경우도 어린이집, 유치원, 학교 등이 부모, 지역단체, 정부와 소통할 수 있는 효과적인 연결고리가 되기 때문에 이들을 중심으로 라돈 노출 저감을 위한 사회적 인식 제고 및 위해도 소통을 강화하는 방안 모색이 필요



시사점 및 제언

지자체의 라돈 노출 저감을 위한 중앙정부의 적극적인 지원 필요

- ✓ 미국과 같은 선진국의 사례에서 보면, 각 지역의 라돈 노출을 최소화하기 위한 중앙정부의 적극적인 의지와 정책 등이 분명하게 드러남
- ✓ 미국의 경우는 실태 파악부터 라돈 측정 등을 위한 기술적 지원, 인력관리, 관련 계획 및 관리 매뉴얼 제작·배포, 위해도 소통, 캠페인, 재정마련을 위한 유관기관 등의 보조금 지원에 이르기까지 거의 모든 분야에 걸친 연방정부의 기술적·행정적·재정적 지원이 있었음
- ✓ 우리나라도 지질학적 특성으로 인해 고농도 라돈이 많이 검출되고 있는 강원, 전북, 대전·충청권 지역 등에 대한 중앙정부의 적극적인 지원이 필요

[illegible]

[illegible]

[illegible]

This image shows a full page of a document template designed for writing. It features a series of evenly spaced, light gray horizontal lines across the entire width of the page. The lines are thin and consistent in color and thickness, providing a guide for text alignment. There are no margins, headers, footers, or other markings present on the page.

[illegible]

