

# 2023 원자력협의회 심포지엄

## Program Book

**8.17** (Thu) ~ **18** (Fri) 강릉 세인트존스 호텔 안티구아

주최 | 원자력협의회

주관 | 한국원자력학회

# Contents

1	개회사	4
2	행사개요	5
3	프로그램표	6

4	회원기관소개	7
	대한방사선방어학회	7
	대한방사선종양학회	10
	대한핵의학회	11
	방사선생명과학회	12
	한국방사선산업학회	13
	한국방사선진흥협회	14
	한국방사성폐기물학회	16
	한국여성원자력전문인협회	18
	한국원자력산업협회	20
	한국원자력학회	22
	한국의학물리학회	24
	한국핵물질관리학회	26

5	연자CV & 발표자료	27
	황주호 (한국수력원자력(주) 사장)	27
	김한곤 (i-SMR 기술개발 사업단장)	29
	정재학 (한국방사성폐기물학회 부회장)	39
	임일한 (한국원자력의학원)	73
	우홍균 (대한방사선종양학회장)	95
	장건호 (한국의학물리학회 고문)	129
	박상형 (송실대학교)	153





## 개회사



안녕하십니까?

2023년도 원자력협의회 회장을 맡은 한국원자력학회 회장 백원필입니다.  
원자력 및 방사선 분야에 종사하시는 모든 분들께 인사드립니다.  
자연과 역사와 낭만의 도시 강릉에서 2023년도 원자력협의회 심포지엄을  
"원자력 산업의 도약과 의학적 방사선 이용의 새 지평"을 주제로 개최합니다.

이번 심포지엄에서는 한국수력원자력(주) 황주호 사장님의 기조강연을 비롯하여  
김한곤 i-SMR 기술개발 사업단장님, 정재학 한국방사성폐기물학회 부회장님,  
원자력의학원 임일한 박사님, 우흥균 대한방사선종양학회 회장님,  
장건호 한국의학물리학회 고문님 등 한 자리에 모시기 어려운 분들이 함께  
하셔서 원자력 산업과 방사선 의학 이용의 현재와 미래에 대한 뜻깊은  
강연이 진행됩니다.

기조강연 및 주제발표에 이어 '강릉 명문가문을 통해 바라본 혁신과 실용의  
시사점'을 주제로 (前)한국수력원자력(주) 부사장님이신 박상형 숭실대학교  
교수님의 특별강연을 마련했습니다.

참석하신 회원님들 모두 만족하시는 흐뭇한 시간이 될 것으로 믿습니다.

아름다운 도시 강릉에서 열리는 이번 원자력협의회 심포지엄에 모두 함께  
하셔서 조금씩 다른 분야에서 일하시는 분들과 교류하는 시간을 가지시고  
아름다운 강릉의 기운으로 여러 현안들과 무더위에 지친 심신을  
회복하시기 바랍니다.

감사합니다.

2023년 8월

2023년도 원자력협의회장 **백 원 필** 배상

## 행사개요

**행사명** 2023년도 원자력협의회 심포지엄

**주 제** 원자력 산업의 도약과 의학적 방사선 이용의 새 지평

**일 시** 2023년 8월 17일(목) ~ 18일(금)

**주 관** 한국원자력학회

**주 최** 원자력협의회

**장 소** 강릉 세인트존스 호텔 [St.JOHN'S HOTEL]

**주 소** 강원 강릉시 창해로 307 (강원도 강릉시 강문동1-1)  
307, Changhae-ro, Gangneung-si, Gangwon-do, Republic of Korea



## 프로그램표



## 대한방사선방어학회

### 개요

- **창립일자** 1975년 7월 4일
- **설립목적** 방사선 안전 및 방어에 관한 전문가들의 국내외 학술 교류 및 국제 학술단체와의 상호협력을 통해 국가 과학기술의 발전을 도모하고, 방사선사고 및 관련 현안 이슈에 대해 객관적이고 과학적인 근거하에 국민의 방사선 이해를 증진함
- **설립근거** 민법 제32조 및 공익법인의 설립·운영에 관한 법률 제4조
- **설립일자 및 회원수** 1989년 7월 25일, 2,660명
- **대표자** 김성환 가톨릭대학교 성빈센트병원 방사선종양학과 교수

### 주요연혁

연월	내용
1975. 07	대한방사선방어학회 창립총회
1976. 03	방사선방어학회지 제1권 제1호 발행
1976. 07	IRPA 24번째 회원국으로 승인
1976. 08	제1차 정기총회 및 학술발표회
1989. 07	사단법인 설립허가
2002. 10	제1회 아시아오세아니아 방사선방호학술대회(AOCP-1) 개최
2003. 01	방사선방어학회지 학술진흥재단 등재후보 선정
2006. 01	방사선연구연합회(KARR: Korean Association of Radiation Research) 구성
2010. 01	방사선방어학회지 한국연구재단 KCI(Korea Citation Index) 등재
2012. 05	제13차 IRPA 학술대회 및 총회(글라스고)에서 IRPA-15 유치
2014. 02	학회지(Journal of Radiation Protection and Research)명 개정
2015. 06	“원전주변주민과 갑상선암 발생에 관한 과학적 분석” 발간(KNS 공동)
2015. 09	갑상선암 보고서 발행 (한국원자력학회와 공동)
2015. 10	2015년 제3차 ICRP 심포지엄 개최
2016. 03	방사선안전문화연구소 설립 (연구소장: 이재기 명예교수, 한양대학교)
2016. 07	“삼중수소의 인체영향에 관한 과학적 분석” 발간(KNS 공동)

### 1일차 : 8월 17일 (목) 오후

11:30 ~ 13:00	회원기관 간담회(오찬)	12개 원자력협의회 기관장
13:00 ~ 13:40	등록	
13:40 ~ 13:50	국민의례 및 주요참석자 소개	김진원 (한국원자력학회 학술이사)
13:50 ~ 13:55	개회사	백원필 (한국원자력학회 회장)

### 기조강연

13:55 ~ 14:35	원자력 산업의 현주소	황주호 (한국수력원자력(주) 사장)
14:35 ~ 14:40	사진 촬영	

### 제 1부 원자력 산업의 현주소

14:40 ~ 15:00	소형모듈원자로 개발 현황 및 전망	김한곤 (i-SMR 기술개발 사업단장)
15:00 ~ 15:20	사용후핵연료 관리기술	정재학 (한국방사성폐기물학회 부회장)

### 휴식

15:20 ~ 15:50	Coffee Break	
---------------	--------------	--

### 제 2부 방사선 의학 이용의 새로운 전개

15:50 ~ 16:10	국내 악티늄 알파핵종치료 임상적용	임일한 (한국원자력의학원)
16:10 ~ 16:30	방사선의 의학적 이용: 방사선치료 (방사선종양학)	우흥균 (대한방사선종양학회 회장)
16:30 ~ 16:50	영상의학에서의 방사선이용 현황 및 영상의학의 새로운 전개	장건호 (한국의학물리학회 고문)

### 제 3부 특별강연

17:00 ~ 18:00	강릉 명문가를 통해 바라본 혁신과 실용의 사사점	박상형 (숭실대학교)
18:20 ~	만찬	

### 2일차 : 8월 18일 (금) 오전

09:30 ~ 12:00	회원기관별 발전방안 협의	
---------------	---------------	--

연 월	내용
2016. 03	방사선안전문화연구소 설립 (연구소장: 이재기 명예교수, 한양대학교)
2016. 07	“삼중수소의 인체영향에 관한 과학적 분석” 발간(KNS 공동)
2017. 08	Young Scientist Group 발대식 개최
2017. 12	KARP 40년사 발간
2019. 10	대한방사선종양학회 공동 심포지움 개최
2020. 01	“라돈발로알기” 단행본 발간(KNS공동)
2020. 10	학회지(Journal of Radiation Protection and Research) SCOPUS 등재 결정
2021. 01	제15회 국제방사선방호협회 국제학술대회(IRPA15) 개최
2021. 02	[방사선이슈 기자간담회] 방사선이슈, 정말 위험한가? 대국민 호소문 발표
2021. 03	후쿠시마 10년 특별 국제 심포지움 - KARP & JHPS(일본보건물리학회)
2021. 06	후쿠시마 오염수 방류 국제 심포지움- JHPS & KARP
2022. 06	학회지(Journal of Radiation Protection and Research) ESCI 등재 결정
2022. 10	KARP-JHPS-CSRP Joint YGN Workshop
2022. 11	한중일호주 공동워크숍 - 방사성폐기물 처분 현황 및 과제
2023. 07	ISORD-11 국제학술대회 개최

## 주요 임무 및 기능

임무	주요 기능
방사선 방어의 학술 증진	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 학술대회(연 2회) 및 워크숍(연 2회) 개최</li> <li>- 전문 분야 간 협력 증진</li> <li>- 공동 연구 활성화를 통한 사회문제 해결</li> <li>- 유관 학회와의 공동 심포지움 개최</li> <li>- 방사선방어에 관한 학술의 국제교류 및 협력</li> <li>- 학술논문지(한국연구재단 등재지 및 ESCI 등재지) 및 방사선방어에 관한 학술간행물의 발행, 배포</li> </ul>
방사선 방호 기술의 증진	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 방사선 방호의 최신 동향 보급</li> <li>- 방사선 방호의 기술 보급</li> <li>- 방사선의 인체 영향에 대한 최신 지식 전달</li> <li>- 방사선방어에 관한 조사 및 연구</li> </ul>
방사선에 대한 국민의 이해 증진	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현안에 대한 토론회 및 세미나 개최</li> <li>- e-news letter 등의 발간을 통한 방사선에 대한 대중적 이해증진</li> <li>- 방사선에 대한 정확한 사실 전달을 통해 방사선의 중요성 및 친밀감 증대</li> </ul>

## 주요 연구회

### • 방사선방호 연구회

전리방사선이 개인과 환경에 주는 영향을 방지 및 최소화 하고, 합리적으로 피폭수준을 낮게 유지하기 위하여 방사선/방사능 취급, 관리, 방호방법 등에 관한 기술과 정보를 회원 간에 공유하며, 그 유용성을 사회에 제공한다.

### • 방사선의생명 연구회

회원으로 하여금 원자력에 관한 전문성, 특히 방사선 생물학 및 방사선 의학 기반 융합 연구 분야의 전문성을 제고하고, 회원 상호간의 교류 및 정보 교환, 전문위원회, 연구회, 학회차원 등 관련 분야의 학문적, 기술적, 사회적 이슈를 발굴하고 방안과 해법을 제시한다.

### • 방사선계측 연구회

방사선/능 측정에 관한 전문성, 특히 의료 방사선/능을 포함한 방사선/능 측정량, 측정표 준체계, 측정기술, 측정기기/소자, 측정 방법과 절차에 관한 전문성을 제고하고, 회원 상호간의 교류와 정보를 교환하며, 전문위원회, 연구회, 학회 차원에서 동 기술분야에 대두된 학문적, 기술적, 사회적 현안에 대한 해법을 탐구한다.

### • 방사선환경·방재 연구회

원자력 및 방사선 이용시설로부터 발생하는 방사선이 인간과 환경에 미치는 영향을 평가하며 방사선으로부터의 재난을 최소화하고 방지하는 연구를 수행하여 국가와 지역 사회에 대한 방사선적 안전성 및 신뢰성 향상을 도모한다.

### • 방사선역학 연구회

방사선 피폭 영향의 역학적 근거 확충을 위한 연구활동 및 회원 상호간의 정보 교류를 통해 피폭 인체영향 및 관련 사회 현안에 대한 지식정보 제공 등의 학술적 근거 제시를 모색한다.

### • 저선량 연구회

회원으로 하여금 생활방사선을 포함한 저선량 방사선에 관한 전문성, 특히 저선량방사선 적용 임상 연구, 생명과학 저선량방사선 의학기반 융합 연구 분야의 전문성을 함양하고, 산학연병 회원 상호간의 교류 및 정보 교환, 전문위원회, 연구회, 학회 차원 등 관련 분야의 학문적, 기술적, 사회적 이슈를 발굴하고 방안과 해법을 제시한다.

### • 방폐물방호 연구회

회원으로 하여금 국내 방사성폐기물(중·저준위 및 고준위)로부터 사람과 환경을 안전하게 보호하기 위해 학술활동과 전문성을 함양하고 방사성폐기물 발생, 처리, 포장, 운반, 처분 등 관리과정의 방사선 안전관리를 위한 학문적, 기술적, 사회적 이슈를 발굴하고 방안과 해법을 제시한다.





## 대한방사선종양학회

### » 개요

- 설립목적 회원 상호 간의 친목을 도모하며 방사선종양학의 발전에 기여
- 설립근거 민법 제32조 및 비영리법인의 설립·운영에 관한 법률 제4조
- 설립일자 및 회원수 1982년 10월 8일, 537명  
(정회원 313명/수련회원 56명/특별회원 98명/원로회원 23명/준회원 47명)
- 대표자 우홍균 회장

### » 주요연혁

연월	내용
1982	대한치료방사선과학회 창립
1983	제1회 대한치료방사선과학회 춘계 심포지엄 및 추계 학술대회 개최
1983	대한치료방사선과학회지 창간
1998	학회지 명칭변경 (대한방사선종양학회지)
2003	학회 명칭 변경 (現 대한방사선종양학회)
2004	제1회 한·중·일 Trilateral symposium 개최
2011	학회지 명칭변경 (現 Radiation Oncology Journal)
2018	대한방사선종양학회지 ESCI (Emerging Sources Citation Index) 등재
2022	대한방사선종양학회 40주년 기념 정기학술대회 개최
2023	전국 방사선종양학과 103개의 회원 기관(병원)

### » 주요임무 및 기능

- 방사선종양학에 관한 학술대회, 학술집담회 및 강연회 등의 개최
  - 춘계 심포지엄, 추계 학술대회 등 연 2회 정기 학술행사
  - 매월 월례집담회 및 비정기적 연구회와 지회 심포지엄과 세미나 개최
- 연4회 학회지 (Radiation Oncology Journal) 및 관련도서의 발간
- 회원의 학문 향상을 위한 사업
- 방사선종양학의 국제교류 및 협력 (Trilateral meeting 및 FARO 등)
- 회원 상호간의 친목도모 및 정보교류
- 기타 학회의 목적달성에 필요한 사업



## 대한핵의학회

### » 개요

- 설립목적 핵의학 학술발전과 회원 상호간 협력과 친목도모
- 설립일자 및 회원수 1961년 12월 28일, 약 500명
- 대표자 강건욱 회장

### » 주요연혁

연월	내용
1961. 12	대한핵의학회 창립
1967. 03	대한핵의학회지 창간
1984. 08	제3차 아시아대양주 핵의학회 학술대회 개최(서울)
1995. 01	핵의학 전문의 제도 신설
2006. 10	제9차 세계핵의학회 학술대회 개최(서울)
2021. 11	제60차 추계학술대회 및 60주년 기념행사

### » 중점사업 및 활동내역

- 핵의학 학술 진흥 및 인력 양성 활동
- 핵의학 학술대회 개최 및 학술지 발간
- 방사선 인체영향에 대한 전문 학술단체로서의 활동
- 핵의학 의료방사선 정당화 최적화 사업

### » 주요추진 사업계획 및 실적

- 핵의학 진료행위의 가치 입증(CTN) 및 인증사업
- 핵의학분야 진단참조준위 설정



## 방사선생명과학회

### » 개요

- **설립목적** 방사선 생명과학 연구와 그 응용에 관한 학술발전 및 보급에 기여함으로써 과학기술진흥에 이바지하고, 회원상호간의 친목을 도모
- **설립일자 및 회원수** 2003년 6월 3일, 430명
- **대표자** 김인아 회장

### » 주요연혁

연월	내용
2002. 11	창립총회 및 기념 심포지움
2003. 06	방사선 생명과학회 사단법인 등록
2003. 11	1차 추계 학술발표대회 개최 및 정기총회
2009. 05	“제2차 아시아방사선연구학회학술대회” (ACRR 2009) 공동주최
2018. 11	한국방사선산업학회-방사선생명과학회 공동개최
2003-2023	춘계·추계 학술발표대회 개최 및 정기총회

### » 주요임무 및 기능

- 학술발표회, 강연회, 심포지움 개최
- 방사선 생명과학에 관한 교육, 지식보급, 산업화지원 사업
- 방사선 생명과학 응용기술의 개발 및 보급에 관한 사항
- 회원 상호간의 친목도모 및 정보교류
- 국내외 관련 학회 및 단체와의 교류 및 공동연구
- 회지 및 간행물 발간



## 한국방사선산업학회

### » 개요

- **설립목적** 방사선 및 방사성동위원소 이용 연구 및 산업분야 전문기술인의 지위 향상과 상호 정보교류를 통하여 학술연구를 활성화하고 방사선이용 산업 발전을 촉진시킴으로써 국민 삶의 질 향상과 국가발전에 기여
- **설립근거** 민법 제32조 및 비영리법인의 설립·운영에 관한 법률 제4조
- **설립일자 및 회원수** 2006년 6월 23일, 단체회원(22개), 특별회원(3개), 개인회원(660명)
- **대표자** 김광표 회장 (경희대학교 원자력공학과 교수)

### » 주요연혁

연월	내용
2006.06	창립총회 및 기념 심포지움 개최
2007.06	방사선산업학회지 창간호(제1권1호) 발행
2007.08	원자력협의회 심포지엄 개최(RI협회 공동개최)
2007.08	제1차 정기총회 및 학술발표대회 개최
2009.10	전문서적 1호 “방사선 식품생명공학” 출판
2014.07	“방사선 이용 살멸균 기술의 이해 및 적용분야” 홍보용 서적 출판
2018.01	방사선산업학회지 한국연구재단 KCI(Korea Citation Index) 등재학술지 선정
2018.03	방사선진흥포럼 개최
2019.04	The 1st International Symposium on Radiation & Radioisotope Researches (ISRR2019) 개최
2021.01	방사선산업학회지 한국연구재단 KCI(Korea Citation Index) 등재학술지 재인증
2021.07	원자력협의회 심포지엄 개최
2021.12	한국연구재단 정책연구용역수행 “미래 방사선 산업 혁신기술 발굴을 위한 R&D 전략 연구”
2022.11	제17차 정기총회 및 학술대회 개최
2023.03	환경부 표준개발협력기관(COSD) 및 ISO 국내 간사기관 지정
2023.05	방사선기술산업워크숍 개최

### » 주요임무 및 기능

- 학술발표회, 강연회, 토론회 개최
- 학술지 및 도서의 간행
- 방사선에 관한 교육, 지식보급, 산업화지원 사업
- 방사선 기술에 관한 연구, 자문 및 평가
- 방사선/능 분야 산업표준 개발업무
- 회원 상호간의 친목도모 및 정보교류
- 국내외 관련 학회 및 단체와의 교류
- 기타 학회의 목적달성에 필요한 사업



## 방사선진흥협회

### » 개요

- **설립목적** 방사선 산업의 건전한 발전 지원을 위해 산·학·연의 상호협력 및 방사선기술 연구·개발, 사업화 지원을 통해 방사선 산업진흥 기여
- **설립근거** 방사선 및 방사성동위원소 이용진흥법 제 14조 제1항
- **설립일자 및 회원수** 1985년 09월 30일, 단체(555기관), 개인(710명)
- **대표자** 정경일 회장(현삼영유니텍 회장)

### » 주요연혁

연월	내용
1985.09	한국방사성동위원소협회 설립
2008.04	(사)한국동위원소협회 창립(이용진흥법 근거)
2008.06	세계동위원소기구(WCI) 사무국 설치
2013.01	RI사용허가 등의 취소/폐지 기록관리 업무 이관(안전재단)
2014.02	(사)한국방사선진흥협회 개칭 출범
2018.12	의료방사선정도관리 기반구축 완료 및 방사선기기시험센터 준공 완료
2019.03	KOLAS 교정기관 인정 획득
2019.07	방사선기술사업화지원사업 착수
2022.01	방사선 국가연구개발관리 전문기관 지정

### » 주요임무 및 기능

임무	주요 기능
<b>국가 방사선정책 기반 구축 지원</b> [방사선 산업 진흥]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 방사선 미래 산업 육성 전략 수립 지원</li> <li>- 방사선 기업 경쟁력 제고 및 활성화 방안 제안</li> <li>- WCI를 통한 방사성동위원소 국제 협력 강화</li> <li>- 방사선 이용 통계분석 등 정책 지표 도출</li> <li>- 이용기관의 애로사항 해결 및 최신정보 제공</li> </ul>
<b>방사선 분야 전문인력 양성사업</b> [방사선기술 전문교육 운영]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 방사선이용기관 재직자 안전교육</li> <li>- 방사선 관련 면허 취득 대비 교육(단기강좌, 통신교육)</li> <li>- 방사선 분야 국가직무능력표준(NCS) 개발</li> <li>- 방사선기술 전문인력 양성 및 도서출판</li> <li>- 국가인적자원개발컨소시엄 전략분야 인력양성 사업</li> </ul>
<b>협회 및 회원사의 지속가능한 동반성장 기반 구축</b> [회원사 산업지원체계 구축·운영]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업지원체계 구축·운영(RI유통체계, RI공동운송, 경력관리)</li> <li>- 안전관리·보증(방사선기술 기업 안전관리 보증 및 지원기관)</li> <li>- 방사선 이용, 기술, 안전, 원전해체 등 R&amp;D 수행</li> </ul>
<b>방사선 기술기반 혁신체계 구축 및 신기술 사업화 생태계 구축</b> [미래 방사선 기술 사업 지원]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 방사선기술 특화 기술가치평가, 실용화 R&amp;D/컨설팅 지원</li> <li>- 지역별 방사선 대형연구시설간 클러스터 구성·운영</li> <li>- 연구시설 활용 R&amp;D 지원, 기술정보 성과확산/홍보</li> <li>- 방사선기술규제 합리화, 전문인력 양성 및 기술정보제공</li> </ul>
<b>방사선 기술산업 선진화</b> [방사선 기술연구 사업 지원]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부/민간 등 연구개발, 용역사업 수행</li> <li>- KS Q ISO/IEC 17025 품질경영시스템 구축/운영</li> <li>- 기준방사선 조사시스템 공동활용서비스 제공(사용/시험/교정)</li> <li>- 방사선 분야 정밀측정 교육운영</li> </ul>





## 한국방사성폐기물학회

### » 개요

- **설립목적** 방사성폐기물, 사용후핵연료에 관한 학술발전 및 기술역량 강화와 산·학·연 상호 교류 및 협력 등 관계 증진에 기여
- **설립근거** 민법 제32조
- **설립일자** 2003년 6월 20일
- **대 표 자** 강문자 회장

### » 일반현황

- **회 원 수** 2023년 7월 기준 개인회원 3,404인, 법인회원 67개 기관
- **연구분과** 핵주기정책·규제 및 비확산, 사용후핵연료처분전 관리  
고준위폐기물 처분, 중저준위폐기물 관리, 제염해체  
방사선환경 및 안전, 방사화학
- **기술정책연구소** 소장1인, 비상근 연구원 3인
- **사 무 국** 상근 행정원 4인

### » 주요사업

항목	내역
학회지 발간	Journal of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology (JNFCWT) 연 4회 발간 (ESCI, SCOPUS, KCI, DOAJ 등재지) ※ JNFCWT Vol.21, No.3 (2023년 9월호)
학술행사 개최	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연 2회 춘·추계 정기학술발표회 개최</li> <li>• 비정기 세미나·워크숍·심포지엄·토론회 등 개최</li> </ul> ※ 제21회 정기총회 및 2023 추계학술발표회 - 일시 : 2023. 11. 01(수) ~ 03(금) - 장소 : 제주국제컨벤션센터(ICC)
정책연구용역 및 전문가 기술 자문, 정책지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 부설 기술정책연구소를 통한 정책연구용역 및 전문가 기술자문, 정책지원 수행</li> </ul> ※ 2023년도 수행 목록 - 사용후핵연료 관리시설 설계기술 개발 - 고준위방폐물 관리 특별법 하위법령 마련 - 사용후핵연료(SF) 저장 효율성 증진기술 적용성 검토 기술자문 - 방사성폐기물 안정적 관리를 위한 경제적·기술적 영향인자 검토 결과 자문 - 처분효율 향상을 위한 경수로 사용후핵연료 처분용기 개념설계(안)
포상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학술상 및 기술상, 공로상</li> <li>• 신진연구자상 및 학회지 우수논문상</li> <li>• 학술발표회 우수발표논문상 · 우수포스터논문상 · 인기포스터상</li> </ul>
유관기관 협력 및 교류	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원자력협의회 회원기관</li> <li>• 고준위방사성폐기물 학술단체 협의회 회원기관(총괄사무국)</li> <li>• 원전해체 글로벌 경쟁력 강화 협의회 회원기관</li> <li>• 원자력 정책발굴단 참여기관</li> </ul>
회원 역량 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 방사성폐기물 및 사용후핵연료 분야 기술 교육과정 개설·운영</li> </ul>



## 한국여성원자력전문인협회

### » 개요

- **설립목적** 대중의 원자력과 방사선에 대한 올바른 이해증진, 원자력 커뮤니케이션 활동, WiN Global 협력 등을 통하여 국민의 원자력 수용성을 증진하고 원자력의 평화적 이용과 국제적 위상 제고에 기여함
- **설립근거** 민법 제32조 및 과학기술정보통신부 소관 비영리법인의 설립 및 감독에 관한 규칙 제4조
- **설립일자 및 회원수** 2000년 11월 7일, 526명[8개 회원사 포함]
- **대표자** 이숙경 회장

### » 주요연혁

연월	내용
2000.11	WiN Korea 창립
2001.05	제9차 WiN Global 연차대회 개최
2003.03	교육과학기술부 사단법인 승인
2005.03	WiN Korea e-news 창간
2010.05	제18차 WiN Global 연차대회 개최
2013.08	대전충청 지역모임 결성
2016.04	WiN Korea 월성지부 설립
2019.06	WiN Korea-WiN Czech MOU 체결
2021.05	방사선생활안전지도사 민간자격 등록

### » 주요 임무 및 기능

임무	주요 기능
자력과 방사선 이해증진 교육	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지, 방사선 및 원자력에 대한 올바른 이해와 관심 제고</li> <li>- 사업 수행을 통한 원자력 과학 이해문화 확산</li> <li>- 우수인재 원자력계 유입 및 과학꿈나무 육성</li> </ul>
원자력 소통	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 여성과 여론 주도층 대상 원자력 커뮤니케이션 활동</li> <li>- 원자력에 대한 신뢰성 확보 및 안전문화 확립</li> </ul>
자력분야 여성 역량 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 여성 원자력전문가 리더십 및 소통 역량 강화</li> <li>- 여성 원자력전문가 간 교류 활성화 및 네트워크 구축</li> <li>- 원자력계 차세대 여성 리더 육성</li> </ul>
WiN Global 국제협력	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 여성 원자력전문가의 주도적 글로벌 네트워크 구축</li> <li>- 여성 원자력전문가의 국제적 리더십 함양 및 역량 강화</li> </ul>
사회공헌 사업	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 차세대 우수 인재육성 장학금 지급</li> <li>- 불우이웃돕기 및 나눔 활동</li> <li>- 사회적 소통 활성화 기여자 발굴 및 원자력 소통상 시상</li> </ul>



## 한국원자력산업협회

### » 개요

- **설립목적** 원자력에 관한 지식정보의 교환과 선진기술의 도입 및 국산화 개발을 위한 제반 사업을 통하여 원자력의 산업적 이용을 촉진함으로써 국민경제 발전과 복지 향상에 기여
- **설립근거** 민법 제32조 (원자력청 제1호 설립허가)
- **설립일자** 1972년 10월 12일
- **회 원** 회원사 162개 기관, 평생회원 239명
- **대 표 자** 황주호 회장 (한국수력원자력 사장)

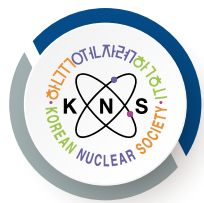
### » 주요연혁 (2023년 6월 기준)

연월	내용
2013.08	부설 평생교육시설 설립
2017.07	신고리 5,6호기 공론화위원회 건설재개측 대표기관
2017.12	원전해체산업 민관협의회 발족
2018.11	원전기업지원센터 개소, 운영
2020.04	한국원자력산업협회로 법인명 변경 (과기정통부 승인)
2021.03	산업통상자원부 원자력생태계 지원사업 주관
2022.05	기획재정부 2023년 재정사업 자율평가 : 우수

### » 주요업무

임무	주요 기능
원자력산업 생태계 강화 및 산업계 활로 모색	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 원자력생태계 지원사업 시행</li> <li>- 원전기업지원센터 및 원전해체산업지원센터 운영</li> <li>- 제6차 원자력진흥종합계획 수립 참여 (전문기관)</li> <li>- 중소기업 품질시스템 구축 및 해외인증 지원사업</li> <li>- 원전해체 비즈니스 포럼 및 원전해체 글로벌 경쟁력 강화 협의회 개최</li> </ul>
글로벌 네트워크 구축 및 해외 판로 개척	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국원자력연차대회, 국제원자력에너지산업전 개최</li> <li>- 동아시아원자력포럼, 한일 원자력산업세미나 개최</li> <li>- 원자력 기자재 수출 지원 및 해외 산업전 (WFES, WNE 등) 참가</li> <li>- 해외 원자력시설 정보교류 프로그램 운영</li> </ul>
원자력 전문인력 양성 및 미래 인적자원 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 원자력관리자 하계강좌, 원전해체기술교육 시행</li> <li>- 원전 직원 역량강화 교육 시행</li> <li>- 원자력대학생 네트워크 구축 및 미래세대 특별강좌 시행</li> </ul>
자력 산학연 정보교류 및 협력체계 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 원자력계 신년인사회 및 조찬강연회 개최</li> <li>- 원전산업 은퇴인력 경력관리 및 사회참여활동 지원</li> <li>- 원자력협의회 운영</li> </ul>
정책 연구과제 수행 및 정보자료 제공	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 원자력산업실태조사 등 연구과제 수행</li> <li>- 월간 원자력산업, 원자력연감 등 도서 발간</li> </ul>





## 한국원자력학회

### » 개요

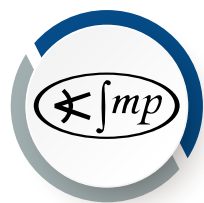
- **설립목적** 원자력에 관한 학술 및 기술의 발전을 도모함으로써 원자력의 개발, 발전 및 안전에 기여
- **설립년도** 1969년 3월
- **회 원 수** 6,380 (단체 59 / 개인 6,321)
- **대 표 자** 백원필 학회장

### » 주요업무

임무	주요 기능
국내외 학술발표회 및 워크숍 개최	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정기학술발표회(춘/추계) 및 연구부회 별 워크숍 개최</li> <li>- 국제학술회의 개최 및 후원 참여</li> <li>- 워크숍·토론회 등 개최</li> </ul>
학회지 / 소식지 발간 및 배부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국제학술지(NET) 연 12회 발행</li> <li>- 소식지(뉴토피아) 연 6회 발행</li> </ul>
원자력 / 학회 활동에 관한 포상 및 장학사업	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 학술상, 기술상, 우수논문상</li> <li>- 특별상(한국원자력대상, 퀴리상, 두산원자력기술상 사회소통상, 전산기술상 등)</li> <li>- 원자력공학 전공 대학 및 대학원생 장학금 지급</li> </ul>
대내외 교류 및 협력	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 원자력이슈위원회 및 원자력소통위원회 운영</li> <li>- 원전지역 지자체와 상호 협력</li> <li>- 초/중등 교원 직무연수프로그램 운영</li> <li>- 에너지학교 운영 지원</li> </ul>
원자력 기술에 관한 자체·수탁연구·자문 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 산·학·연 위탁과제 및 학회 자체 정책연구과제 수행</li> </ul>

### » 최근 활동

- **2023춘계학술발표회 개최**
  - 일시 및 장소 : 2023년 5월 17일(수) ~ 19일(금) / 제주국제컨벤션센터
  - 발표논문 수 및 참가자 수 : 690편 / 1,986명
  - 행사 내용 : 17개의 워크숍 및 12개 연구부회 별 논문 발표  
특별강연 (황주호 한국수력원자력(주) 사장)  
초청강연1 (William D. Magwood, IV Director-General, OECD/NEA)
- **학생경진대회 개최**
  - 일시 및 장소 : 2023년 5월 18일(목) / 제주국제컨벤션센터
  - 개최목적 : 원자력에 대한 잘못된 선입견을 바꿀 수 있는 영상을 제작하여 바로 알리는 데에 공헌함
  - 참가대상 : 전국 원자력전공 학부생·대학원생 및 참여를 원하는 일반인
  - 행사 내용 : 출품 후보작에 대해 현장 영상시연 및 투표 실시 최우수 2편 (각 150만원), 우수 4편(각 50만원) 시상
- **ICAPP2023 개최**
  - 행사명 : 2023 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants in conjunction with 38<sup>th</sup> Korea Atomic Power Annual Conference
  - 일시 및 장소 : 2023년 4월 23일(일) ~ 27일(목) / 경주화백컨벤션센터
  - 주제 : 원자력 - 안전하고 청정한 미래를 향한 큰 걸음  
(Nuclear - Big Steps Forward to Secure Clean Future)
  - 주최 및 주관 : 한국원자력학회 / 한국수력원자력(주), 한국원자력산업협회, 한국원자력연구원
  - 참가 규모 : 26개국 600여명 / 논문 298편 발표
- **원자력이슈위원회 및 원자력소통위원회 활동**
  - 원자력 현안에 대한 보도자료 배포  
(후쿠시마 오염수 처리후 방류의 한국 영향에 관한 한국원자력학회의 입장)
  - 뉴스레터 Cafe New Clear 발행 (전문가 기고, 글로벌 뉴스 등)
- **원자력 바로알리기 활동**
  - 초·중등 교원 대상 원자력/방사선 바로알기 직무연수 프로그램 운영  
(부산대학교, 서울대학교, 한국과학기술원, 한국원자력연구원 / 4회)
  - 제4기 및 제5기 에너지학교 후원
  - 원자력바로알리기 SNS 활동 지원



## (사) 한국의학물리학회

### » 개요

- **설립목적** 본 사단법인 한국의학물리학회는 1)의학물리학에 관한 연구 및 응용과 2)국내외 관련단체와 학술교류를 통해 3)의학의 발전과 인류건강의 향상에 이바지 하고 4)회원 상호간의 친목을 도모하는 것을 목적으로 한다.
- **설립일자** 1989년 10월
- **회 원 수** 739명
- **대 표 자** 이세병 (국립암센터, 양성자치료센터)

### » 주요연혁 (2023년 6월 기준)

연 월	내용
2023. 11	2023년 하반기 연수교육
2023. 11	세계 의학물리의 날 행사
2023. 9.21~23	Monte Carlo Simulation Symposium for Particle Therapy
2023. 9.14~16	제66회 추계학술대회 및 정기총회
2023. 8.25	제3회 의료방사선신기술연구회 심포지엄
2023. 8.18~19	제7회 의료입자방사선연구회 심포지엄
2023. 7.22	AAPM(7.21~7.26) - KSMP-JSMP-KAMPINA Joint Meeting
2023. 7.07~08	하반기 의학물리 전문교육 (온라인)
2023. 7.07	제7회 의학물리전산모사연구회 학술세미나
2023. 6.24	2023년 한국의학물리학회-KMPCB 상반기 연수교육 (온라인)
2023. 4.13~15	제65회 춘계정기학술대회 및 임시총회 (대구,그랜드호텔)
2023. 3.11~12	제2회 의료입자방사선연구회 동계워크숍 및 제1회 메디시티 데이 (강릉,세인트존스호텔)
2023. 1.13~14	2023년 상반기 의학물리전문교육 (온라인)

연 월	내용
2022. 12.02	제2회 PTCOG-AO 아시아-오세아니아 입자치료학회 (제주ICC)
2022. 11.05	2022년 하반기 연수교육
2022. 11.07	세계 의학물리의 날 행사
2022. 9.23~24	제64회 추계학술대회 및 정기총회
2022. 7.09	2022년 AAPM(7.10~7.14) - KSMP-JSMP-KAMPINA Joint Meeting
2022. 7.01~02	하반기 의학물리 전문교육 (온라인)
2022. 4.23	2022년 상반기 연수교육 (온라인)
2022. 4.07~09	제63회 춘계정기학술대회 및 임시총회 (제주도,KAL호텔)
2022. 3.11~12	제2회 의료입자방사선연구회 동계워크숍 (소노벨변산, 그랜드볼룸)
2022. 1.21~22	2022 상반기 의학물리전문교육 (온라인)

### » 주요임무 및 기능

- 의학물리전문인 법제화 추진
- 의학물리전문인 / 품질관리전담인력 교육프로그램 정립
- 학회지 SCI 추진 (Progress in Medical Physics, (<http://www.progmedphys.org>))
- 회원권익 보장
- 학술대회 개최 (춘·추계 연2회) 및 학술상 시상
- 의학물리전문인 연수교육 (년 2회, > 6시간), Winter/Summer School (각 년 1회)
- 산하연구회 및 지부학회 지원 ( 9개 산하연구회 + 1개 지부학회 )
- 학회지 및 기술보고서 발간 ( 학회지 년 4회 발간, 총 4개 기술 보고서 발간)



## (사) 한국핵물질관리학회

### » 개요

- **설립목적** 핵물질관리 기술 및 핵비확산 정책 등의 연구와 회원 상호간의 협조를 도모하여 원자력의 개발·이용·발전에 기여 다양한 학술·사업 활동을 추진하고, 이를 토대로 핵물질 통제·관리 및 핵비확산 분야에서 우리나라의 역할 및 역량 제고
- **설립근거** 민법 제32조 및 원자력안전위원회 소관 비영리법인의 설립 및 감독에 관한 규정
- **설립일자 및 회원수** 2015년 5월 1일 / 개인 209명, 회원사 6개 기관
- **대표자 및 소재지** 황용수/한국원자력연구원 원자력성과확산관 202-1호

### » 주요연혁

연월	내용
1994.12	국제핵물질관리학회(INMM) 한국지부 설립
2015.05	한국핵물질관리학회(KNMM) 사단법인 설립
2018.01	한국원자력연구원 내 사무국 개소
2018.07	부설 핵비확산 기술·정책연구소 설립
2019.09	수탁연구사업 수행

### » 주요임무 및 기능

임무	주요 기능
핵물질관리 관련 연구조사 및 분석·평가	- 전문가 네트워크 운영 - 전문가초청 자문회의(내부) 개최
핵물질관리 관련 연구논문집, 자료집 및 단행본 간행	- 학술논문집(연1회) 발간 - 자료집(수시) 발간
핵물질관리 관련 연구발표회, 강연회 및 학술대회 개최	- 총회 및 학술발표회(연1회) 개최 - 워크숍(연1회, 춘계) 개최
핵물질관리 관련 기술 및 정책 등에 관한 수탁연구사업 수행	- 부설 핵비확산 기술·정책연구소 운영 - 수탁연구사업 수행

1

## CURRICULUM VITAE

황주호 (한국수력원자력(주) 사장)



CURRICULUM VITAE



황 주 호

한국수력원자력(주) 사장

■ 학력

- 1986 조지아공과대학교 대학원 원자핵공학 박사
- 1984 조지아공과대학교 대학원 보건물리 석사
- 1982 서울대학교 핵공학과 학사
- 1975 경기고등학교

■ 경력

- 1991 ~ 경희대학교 공과대학 원자력공학과 교수
- 1906 ~ 2011 국가에너지위원회 위원
- 2008 ~ 2013 국가과학기술위원회 국가주도기술전문위원회 위원장
- 2010 ~ 2013 제15대 한국에너지기술연구원 원장
- 2013 ~ 제17대 한국에너지공학회 회장
- 2015 ~ 2017 경희대학교 국제부총장
- 2016 ~ 2017 제29대 한국원자력학회 회장
- 2020 ~ 2022 산업부 원전수출자문위원회 위원장
- 2022 ~ [現] 제10대 한국수력원자력 사장

2

i-SMR 기술개발 현황 및 전략

김한곤 (i-SMR 기술개발 사업단장)



김한곤

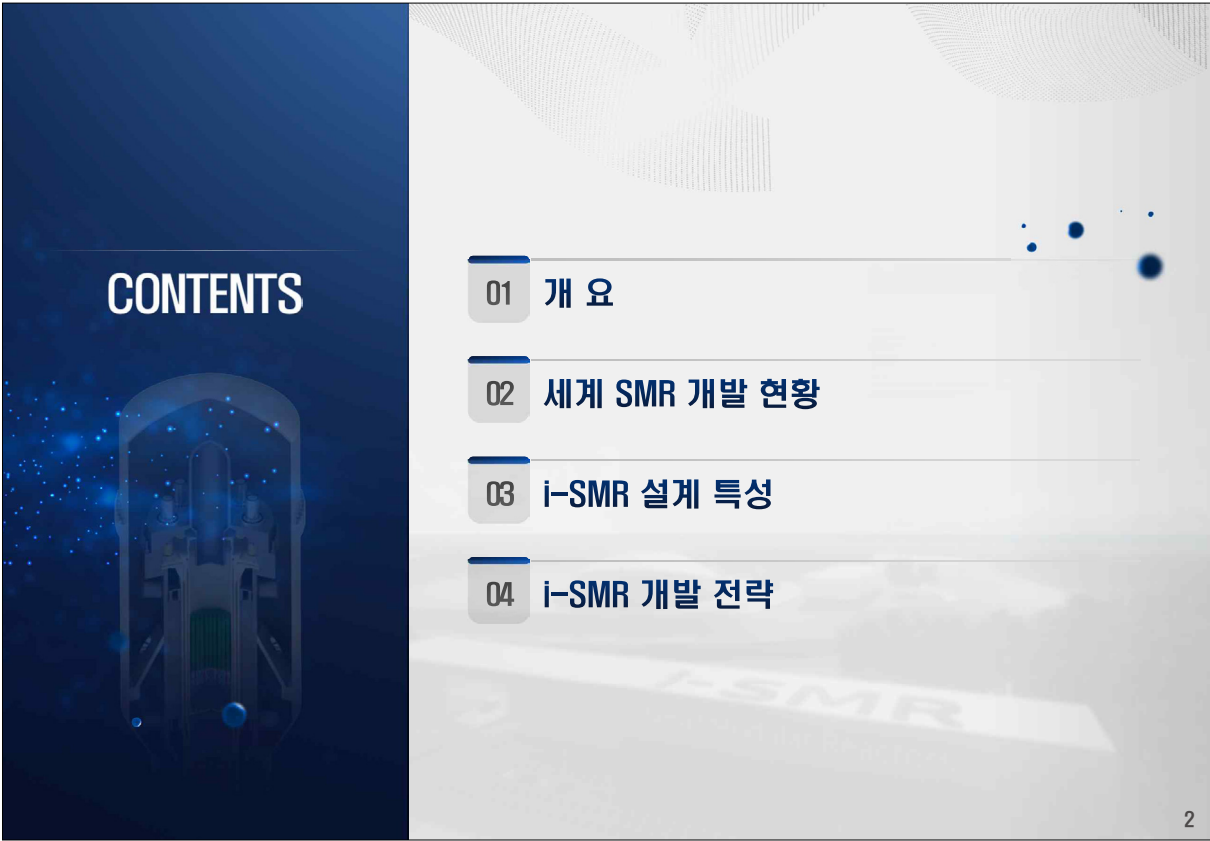
i-SMR 기술개발 사업단장

■ 학력

- 1984~1988 서울대학교 공과대학 원자력공학 B.S.
- 1988~1990 한국과학기술원 원자력공학 M.S.
- 1990~1993 한국과학기술원 원자력공학 Ph.D.

■ 경력

- 1997.03 ~ 2005.02 한국수력원자력 선임연구원
- 2014.01 ~ 2018.12 한국수력원자력 소장
- 2013.03 ~ 2017.02 국가과학기술심의회 전문위원
- 2020.05 ~ 2023.01 한국수력원자력 중앙연구원 원장
- 2023.01 ~ 현재 iSMR 사업단 단장



## 01 소형 모듈 원자로 (SMR) 개요

### SMR 정의 (IAEA)

- ◆ 2010년대 이전
  - ✓ Small (300MWe 이하) and Medium (700MWe 이하) Reactor<sup>[주 1]</sup>
  - ✓ 해당 원자로 : CAREM, KLT-40S, PBMR-400, IRIS, HTR-PM, VHTR, AHWR, SMART 등
  - ✓ 용량이 작은 원자로의 활용 가능성에 초점 (특히 원자력 개도국 중심)
- ◆ 2020년대
  - ✓ Small : 하나의 원자로가 300MWe 이하
  - ✓ Modular : 공장제작 및 이송이 가능한 하나 또는 그 이상의 원자로 모듈

→ 다양한 활용이 가능한 소형원자로인데, **모듈화가 가능한 원자력시스템**  
 → 출력 기준은 큰 의미가 없음 (30여년 이전 기준)

→ **SMR이 미래에 상용화될 가능성이 있는 소형원자로를 통칭하는 경향도 있음**

[주 1] IAEA-TECDOC-1451 "Innovative small and medium sized reactors: Design features, safety approaches and R&D trends" May 2005

[주 2] IAEA NR-T-1.18 "Technology Roadmap for Small Modular Reactor Deployment" 2021

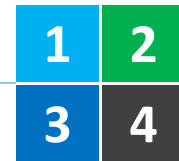
## 02 세계 SMR 개발 현황 - 단계별

### 개념 설계 (25)

- CAP200/150-200/PWR/China
- IRIS/335/PWR/IRIS Consortium
- IMR/350/PWR/Japan
- KARAT/45-100/BWR/Russia
- RUTA-70/70/Russia
- UNITHERM/6.6/PWR/Russia
- W-SMR/225/PWR/USA
- MHR-T/205.5x4/HTGR/Russia
- MHR-100/25-87/HTGR/Russia
- A-HTR-100/50/HTGR/South Afri.
- HTMR-100/35/HTGR/South Afri.
- SC-HTGR/272/HTGR/USA
- Xe-100/35/HTGR/USA
- LFR-TL-X/5-20/Luxembourg
- SEALER/3/lead cooled/Russia
- EM/265/GMFR/USA
- SUPERSTAR/120/LMFR/USA
- WLFTR/450/LFR/USA
- CMSR/100-115/MSR/Denmark
- CA Waste Bruner/20/MSR/DM
- Stable Salt RX/37.5x8/MSR/UK
- LFTR/250/MSR/USA
- Mik1 PB-FHR/100/MSR/USA
- MCSFR/50/MSR/USA and Canada

### 예비 설계 (18)

- ACP100/100/PWR/China
- DHR400/-/LWR/China
- DMS/300/BWR/Japan
- VK-300/250/BWR/Russia
- UK-SMR/443/PWR/UK
- SMR-160/160/PWR/USA
- ACPR50S/60/PWR/China
- SH-ELF/6.4/Immersed/Russia
- GT-HTR300/300/HTGR/Japan
- GT-MHR/285/HTGR/Russia
- PBMR-400/165/HTGR/South Africa
- 4S/10/LMFR/Japan
- LFR-AS-200/200/LMFR/Luxembourg
- BREST-OD-300/300/LMFR/Russia
- SVBR-100/100/LMFR/Russia
- IMSR/190/MSR/Canada
- ThorCon/250/MSR/Intern. Consor.
- FUJI-U3/200/MSR/Japan



### 표준 설계 (6)

- RITM-200/50x2/PWR/Russia
- mPower/195x2/PWR/USA
- NuScale/60x12/PWR/USA
- ABV-6E/6-9/Floating PWR/Russia
- RITM-200M/50x2/Floating PWR/Russia
- eVinci/0.2~15/Small Heat Pipe/USA

### 인허가/건설 (5)

- CAREM/30/PWR/Argentina
- SMART/100/PWR/ROK
- KLT/40S/70/Floating PWR/Russia
- VBER-300/325/Floating PWR/Russia
- HTR-PM/210/HTGR/China

APR1400(개발~최초호기준공) : 25년(92~16)

## 02 세계 SMR 개발 현황

한국, 미국, 러시아, 중국 등에서 93종 이상



\* Source : 소형 혁신원자로 기술조사보고서 (2020), IAEA

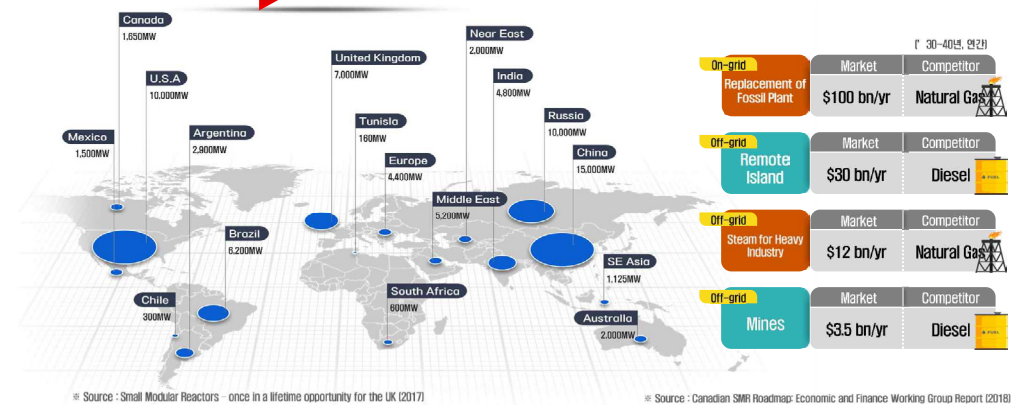
한국		해외 SMR 개발						
SMART		NuScale	BWRX-300	SMR-160	KLT-40S	ACP-100	NuWard	UK SMR
KAERI		NuScale(미)	GE-Hitachi(미)	Holtec(미)	OKBM(러)	CNNC(중)	EDF(프)	Rolls-Royce(영)
12년 7월 SDA		자연순환 SDA(20년 8월)	BWR 노형 캐나다 건설계획	블록형 NRC예비심사중	블록형, 해상원전 상업운전중('19)	원전부지 선정 건설중('21)	블록형, 개념설계 30년 건설계획	440MWe, 루프형 30년 건설계획

\* 해외의 경우 미국의 NuScale 원전이 기술성, 사업성 측면에서 가장 앞서 있다고 평가됨

## 01 SMR의 시장 잠재성 - 탄소중립 수단

LWR vs Non LWR, Land vs Sea, On-Grid vs Off-Grid ?  
 → 전력생산용 육상 PWR 형의 iSMR

65~85GW Global Potential Market by 2035



\* Source : Small Modular Reactors - once in a lifetime opportunity for the UK (2017)

\* Source : Canadian SMR Roadmap: Economic and Finance Working Group Report (2018)



03 i-SMR 설계 특성

혁신형 SMR 설계 특성

일체형 원자로

- 위험적인 냉각재 유출 사고 원천적 배제
- 사고 대응에 효과적
- 공장생산 및 현장조립 최적화

피동형 안전계통

- 전력 및 조작이 필요 없는 피동 안전계통
- 단순화로 공장요소 및 정비수요 저감
- 현재 대비 사고 가능성 1/100 이하

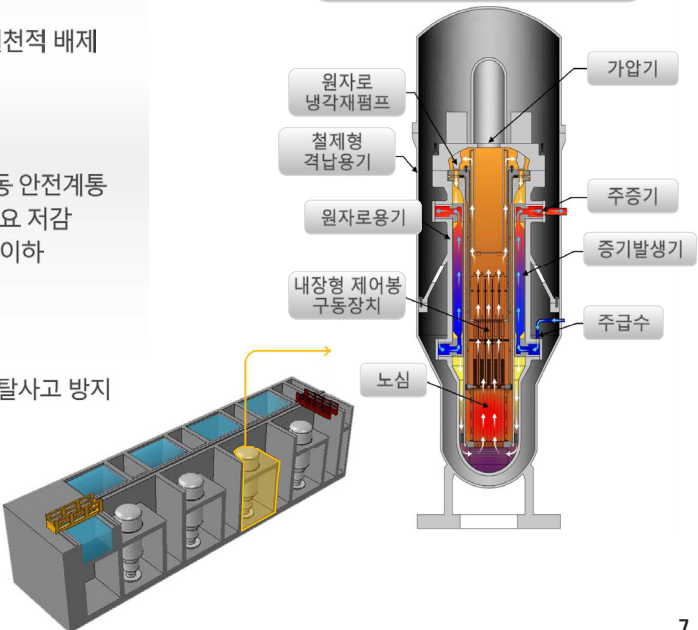
무방산 운전

- 액체 폐기물 발생량 저감
- 장기적인 피동냉각 가능
- 내장형 제어봉 구동장치로 이탈사고 방지

복수 모듈 배치

- 통합 제어어실
- 대형 기기 및 계통 공유
- 운영 인력 저감

원자로 및 격납용기 설계

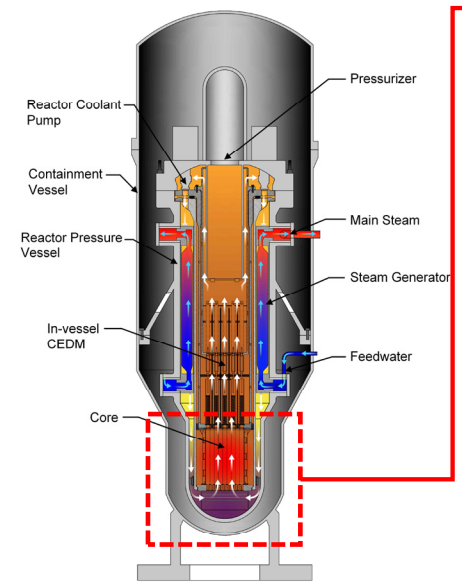


7

03 i-SMR 설계 특성

Advantages - Boron Free Operation

- Improved Safety
  - Eliminates **Boron Dilution accident**
  - Excludes PWSCC by boric acid (Davis Besse case)
  - Role out **boron precipitation** during accident
  - With In-Vessel CEDM → Eliminates CEA Ejection accidents
  - Inherent Safety : **Very Negative MTC** (~-65pcm/°C) vs 15pcm/°C
- Enhanced Economics
  - **Huge reduction of CVCS volume** → Modular Makeup and Purification System (MMPS)
  - Reduces liq. Waste
- Increased Flexibility
  - **No need to boron control** during load following operation



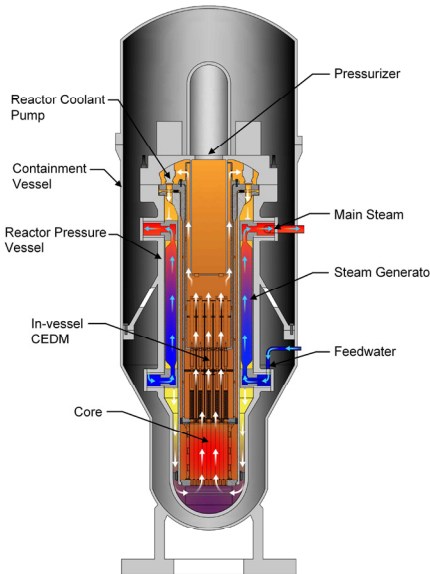
< Reactor Coolant System and Containment Vessel >

9

03 i-SMR 설계 특성

NSSS Design Characteristics

- Electrical output per module : 170 MWe /Module
  - 680 MWe in case of 4 modules
- Core :  $UO_2$ , 69 FAs, ( active length : 2.4 m)
- Reactivity control : **Control rod, Burnable Position, MTC (Boron-free)**
- Control rod derive mechanism : **In-Vessel**
- Steam generator : Helical, Once-through
- **Canned motor RCPs**



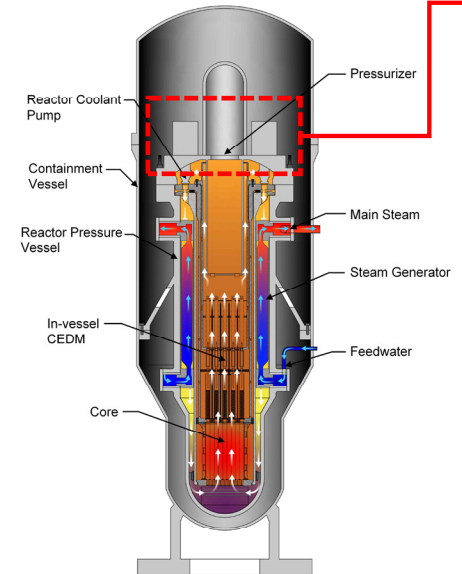
< Reactor Coolant System and Containment Vessel >

8

03 i-SMR 설계 특성

Advantages - Canned Motor Pumps

- Improved Safety
  - Eliminates **Flow Instability** (Density-Wave Oscillation)
- Enhanced Economics
  - Increase thermal power → **increase economics**

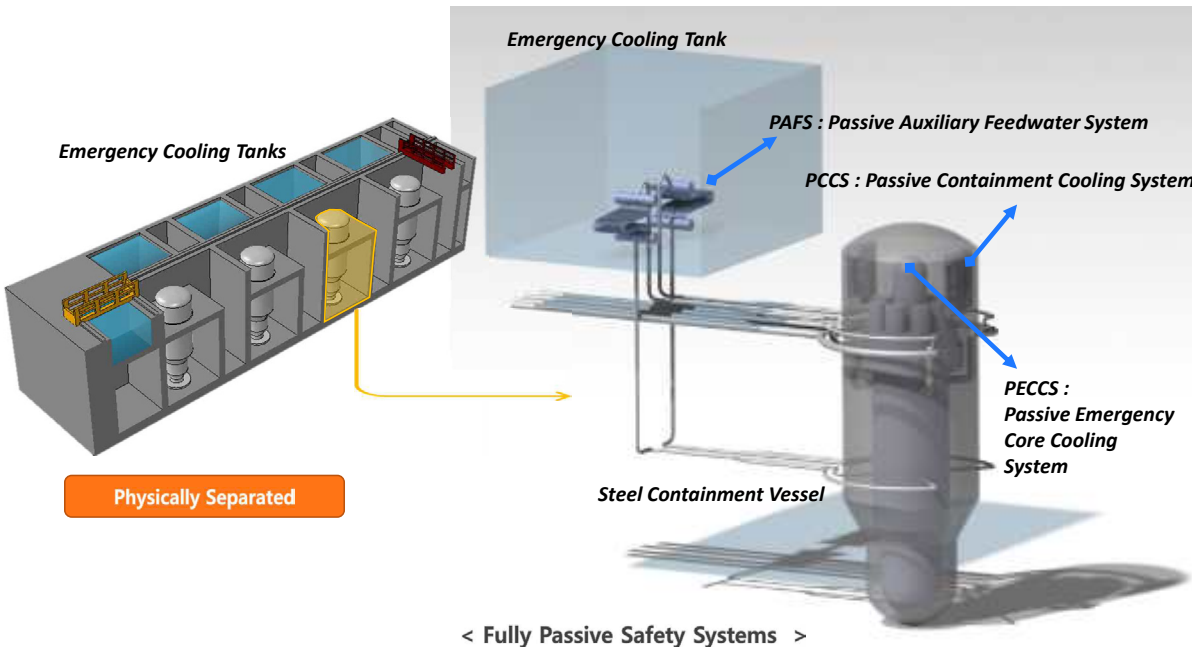
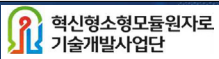


< Reactor Coolant System and Containment Vessel >

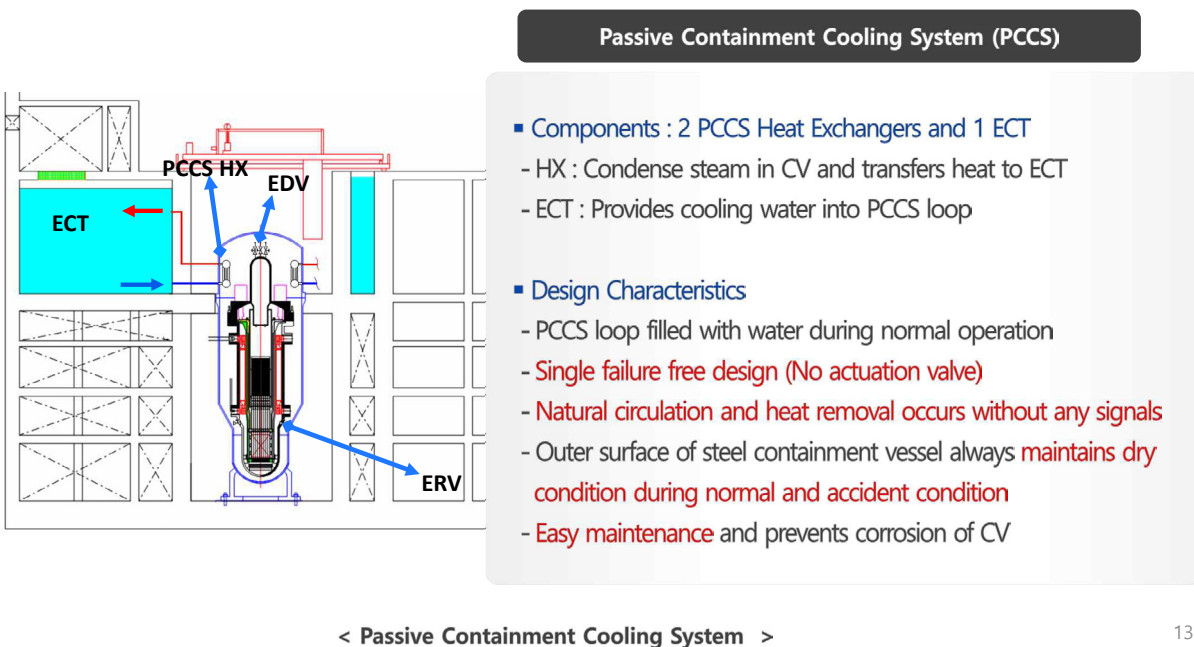
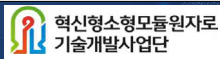
10



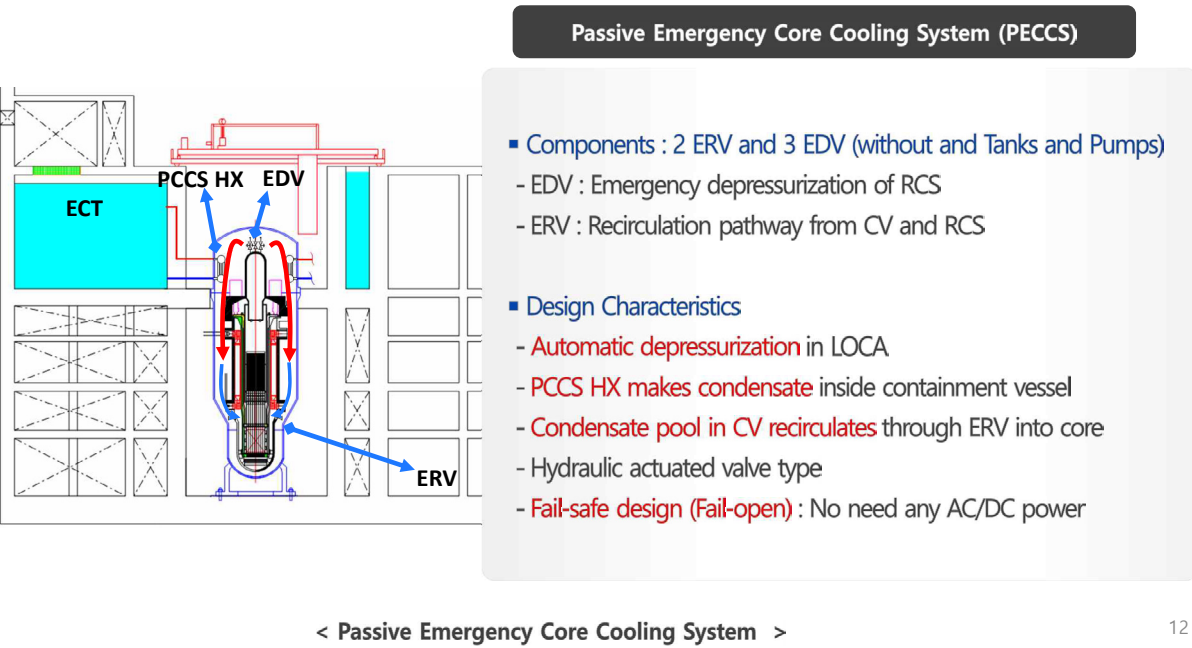
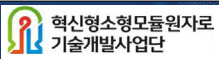
03 i-SMR 설계 특성



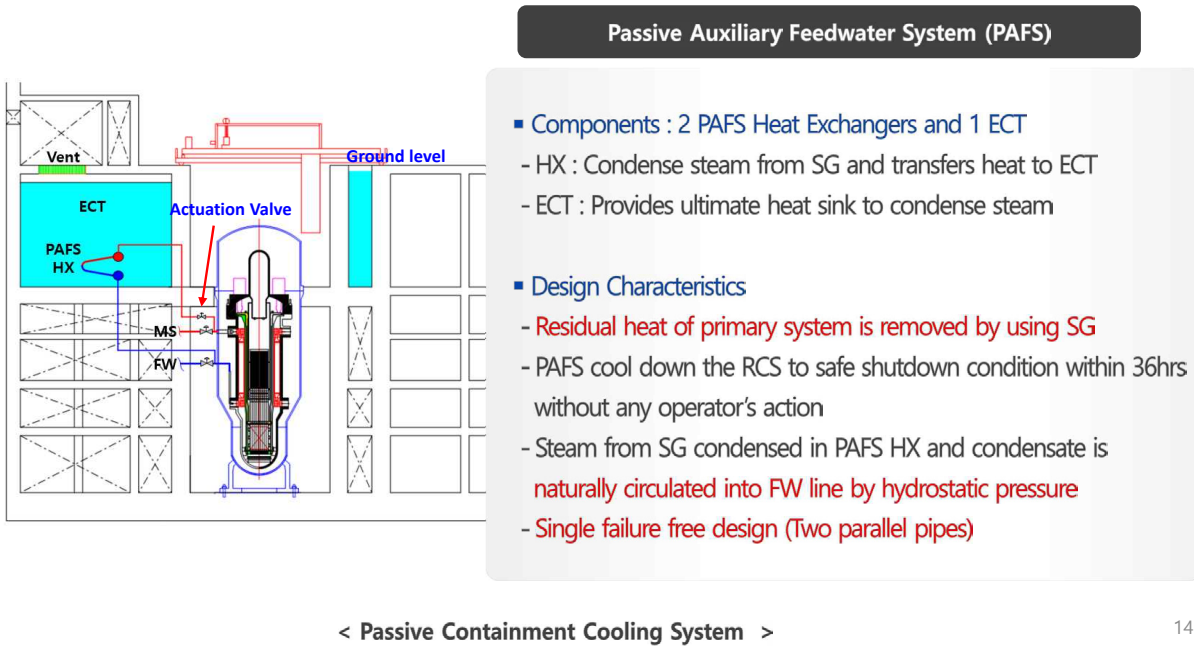
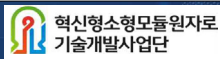
03 i-SMR 설계 특성

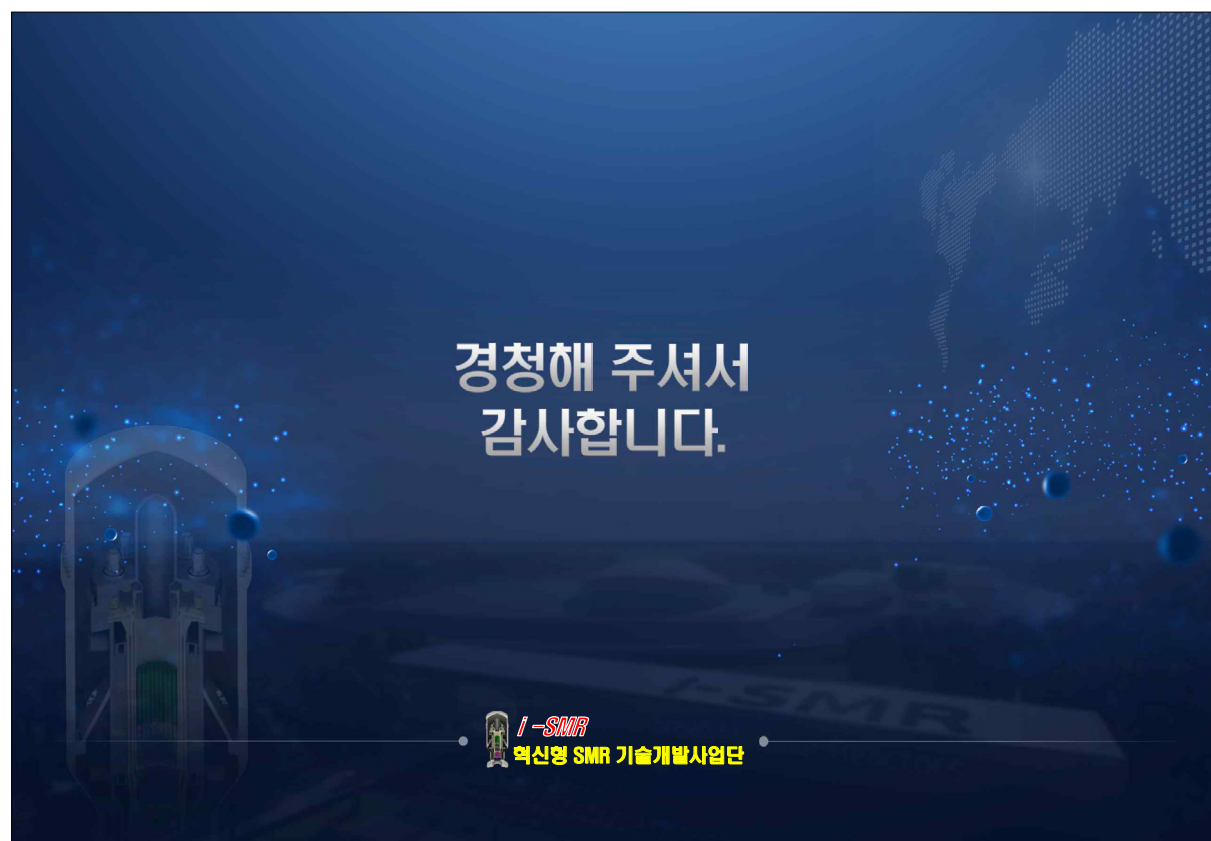
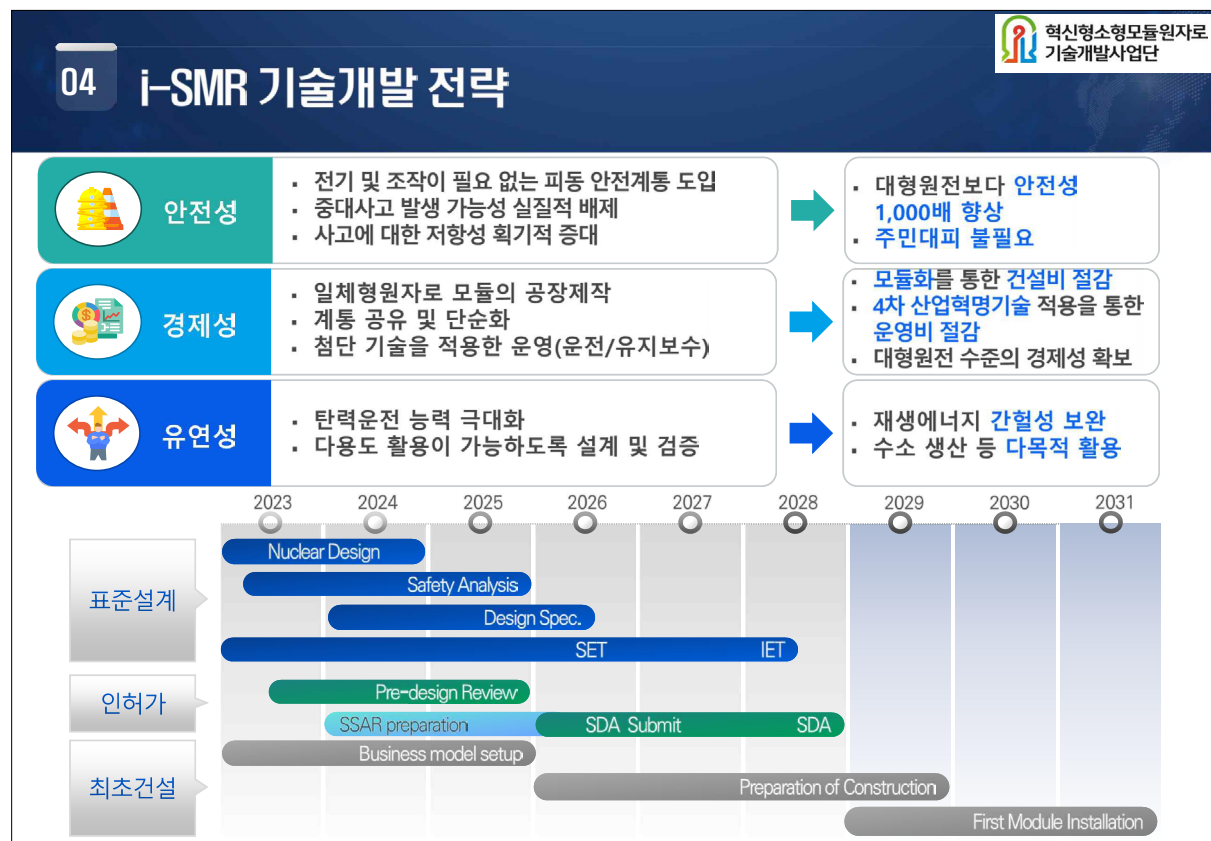


03 i-SMR 설계 특성



03 i-SMR 설계 특성





3

## 사용후핵연료 관리기술

정재학 (한국방사성폐기물학회 부회장)



정 재 학

한국방사성폐기물학회 부회장

■ 학력

- 1993.03 ~ 1997.08 한국과학기술원 원자력공학(방사성폐기물) 공학박사
- 1991.03 ~ 1993.02 한국과학기술원 원자력공학(원자력환경) 공학석사
- 1987.03 ~ 1991.02 연세대학교 화학 이학사

■ 경력

- 1997.08 ~ 2016.08 한국원자력안전기술원 단장('16), 부단장('11~'13), 실장('06~'08, '15)
- 2009 ~ 2014 UST 방사선계측과학전공 교수(겸임교원)
- 2012 ~ 2013 IAEA WASSC(방사성폐기물안전기준위원회) 위원
- 2014 ~ 2016 OECD/NEA RWMC 위원 및 규제자포럼 집행위원
- 2016.11 ~ 2021.12 한국방사성폐기물학회 총괄연구분과위원장('16~'19), 학술이사('19~'21)
- 2016.09 ~ 경희대학교 교수
- 2019.09 ~ 2021.08 한국원자력학회 학술이사
- 2018.04 ~ 2022.04 원자력안전위원회 원자력안전전문위원회 위원
- 2015.12 ~ 현재 한국원자력통제기술원 기술기준위원
- 2022.01 ~ 현재 한국원자력안전기술원 기술기준위원(방사선및폐기물분과위원장)
- 2022.01 ~ 현재 원전해체글로벌경쟁력강화 협의회 공동회장
- 2022.11 ~ 현재 산업통상자원부 원전해체경쟁력강화기술개발사업추진위원회 위원
- 2022.01 ~ 현재 원자력안전위원회 규제심사위원회 위원
- 2022.01 ~ 현재 한국방사성폐기물학회 부회장
- 2021.01 ~ 현재 국가과학기술자문회의 에너지환경전문위원(원자력·핵융합소위원장)

2023 원자력협의회 심포지엄

# 사용후핵연료 관리기술

The World is a Global Village and the Peoples of the World are One Human Family. May We Strive for Peace and Humanity with the Spirit of Global Cooperation Society.

2023.08.17.(목)



원자력공학과 | 정재학



경희대학교  
KYUNG HEE UNIVERSITY

## 목 차

1. 사용후핵연료?!
2. 저장·운반 기술
3. 처분 기술
4. 고준위 방사성폐기물 R&D 로드맵(안)



경희대학교  
KYUNG HEE UNIVERSITY



## 세대 간 공평



[SOURCE] <https://sanonofresafety.files.wordpress.com/2012/02/onedaysonallthiswillbeyours.jpg?w=256&h=209> (accessed Jan. 30, 2023)

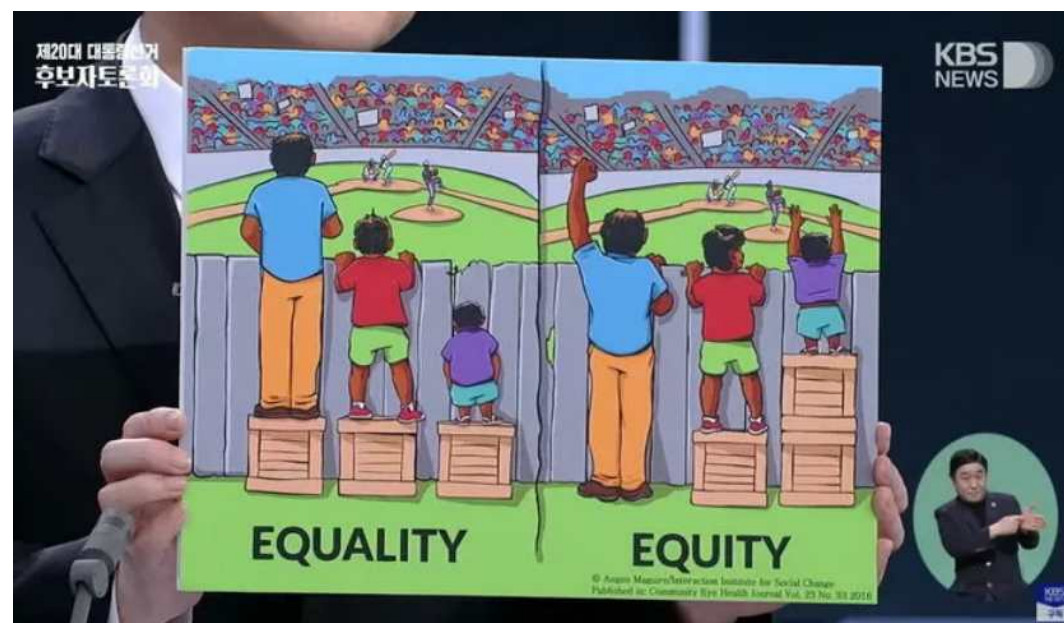
3

## Part 1

## 사용후핵연료?!

5

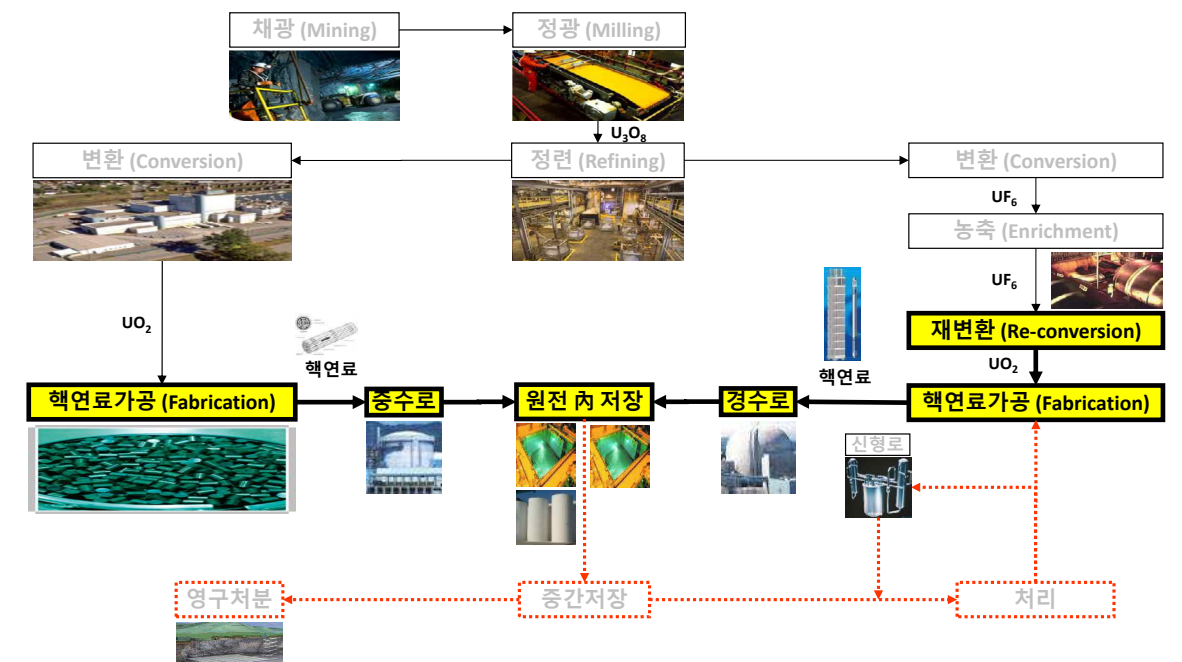
## 세대 내 공평



[SOURCE] <https://www.insight.co.kr/news/384675>  
<https://interactioninstitute.org/illustrating-equality-vs-equity/>

4

## 핵연료주기 - 核燃料週期 - Nuclear Fuel Cycle



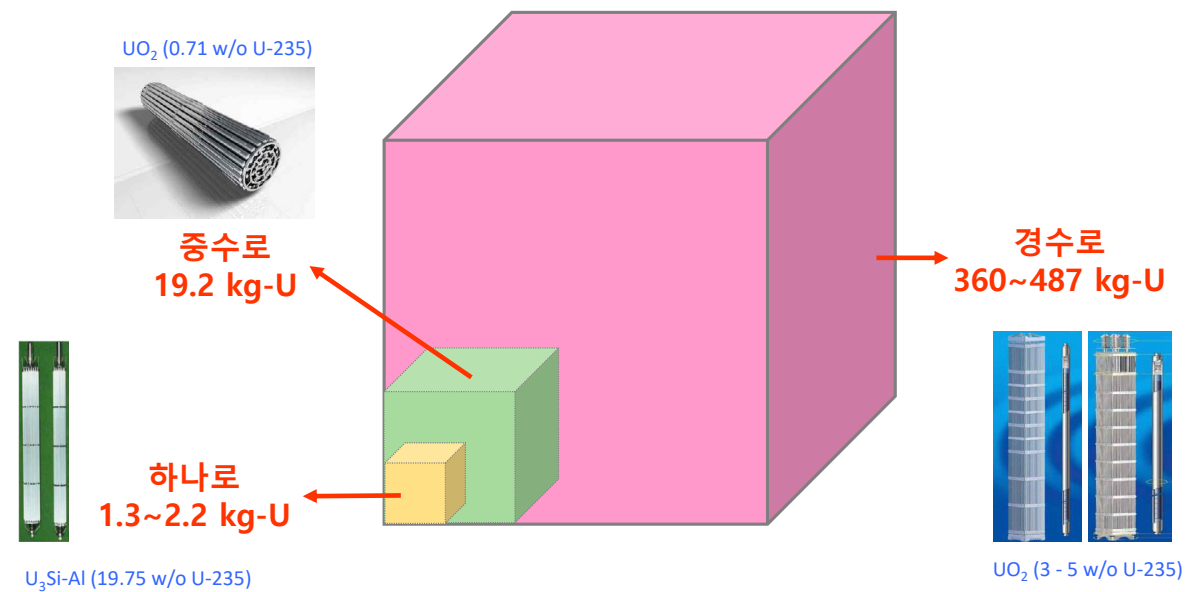
[SOURCE] JH Cheong (KHU)

6



## 국내 핵연료

우라늄 함량과 농축도

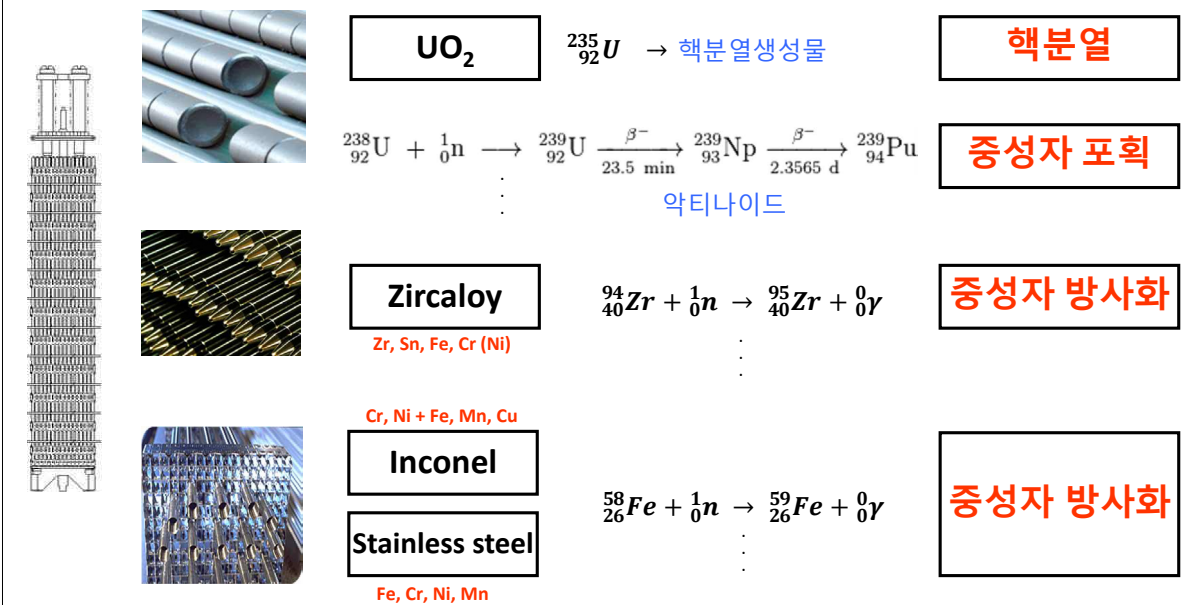


[SOURCE] KHNP and KAERI; JH Cheong (KHU)

7

## 新핵연료 → 사용後핵연료(SNF)

원자로 내에서 핵연료의 변화



[SOURCE] JH Cheong (KHU)

9

## 국내 핵연료

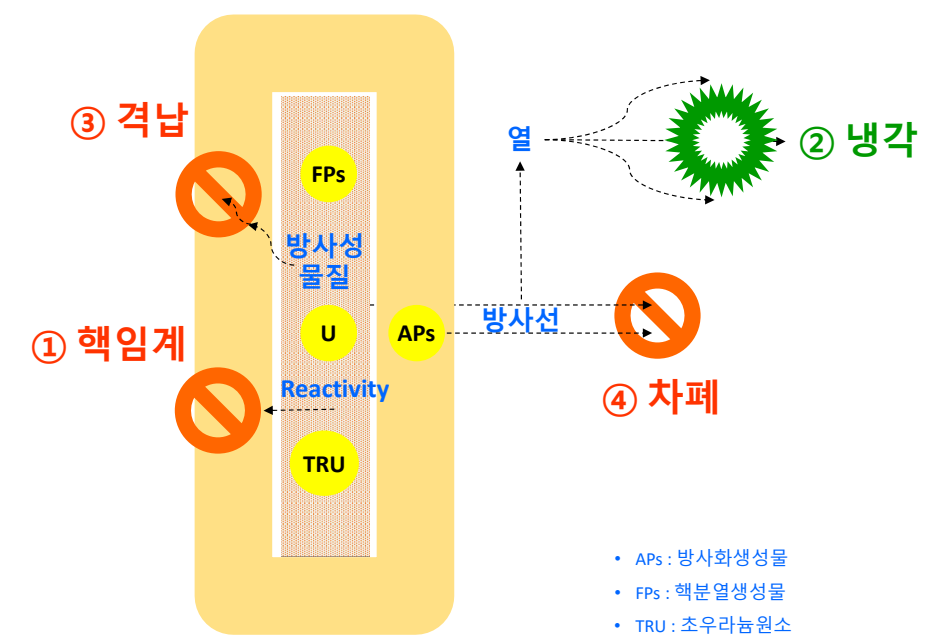
세부 사양

NPP	Core Inventory (Assembly/MTU)	Array	U Mass (kgU/Assembly)	Size (cm)
KR1	121 / 44	14×14	360	19.7 × 406
KR2	121 / 50	16×16	410	19.7 × 406
KR3,4; HB1,2; HU1,2	157 / 76	17×17	460	21 × 406
HB3,4,5,6; HU3,4,5,6; SKR1,2; SWS1,2	177 / 73	16×16	430	20 × 406
SKR3,4,5,6; SHU1,2	241 / -	16×16	487	21 × 453
WS1,2,3,4	4,560 / 86	37 Rods	19.2	D : 10 L : 50

[SOURCE] KNF Lecture in KAIST (2009); JH Cheong (KHU)

8

## SNF 4대 안전요소

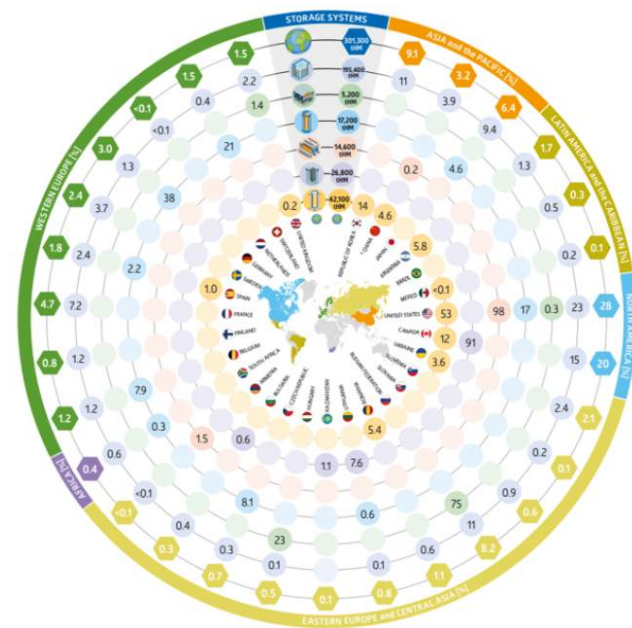


[SOURCE] JH Cheong (KHU)

10

## 전 세계 SNF 저장현황

2019년말/2020년초 기준



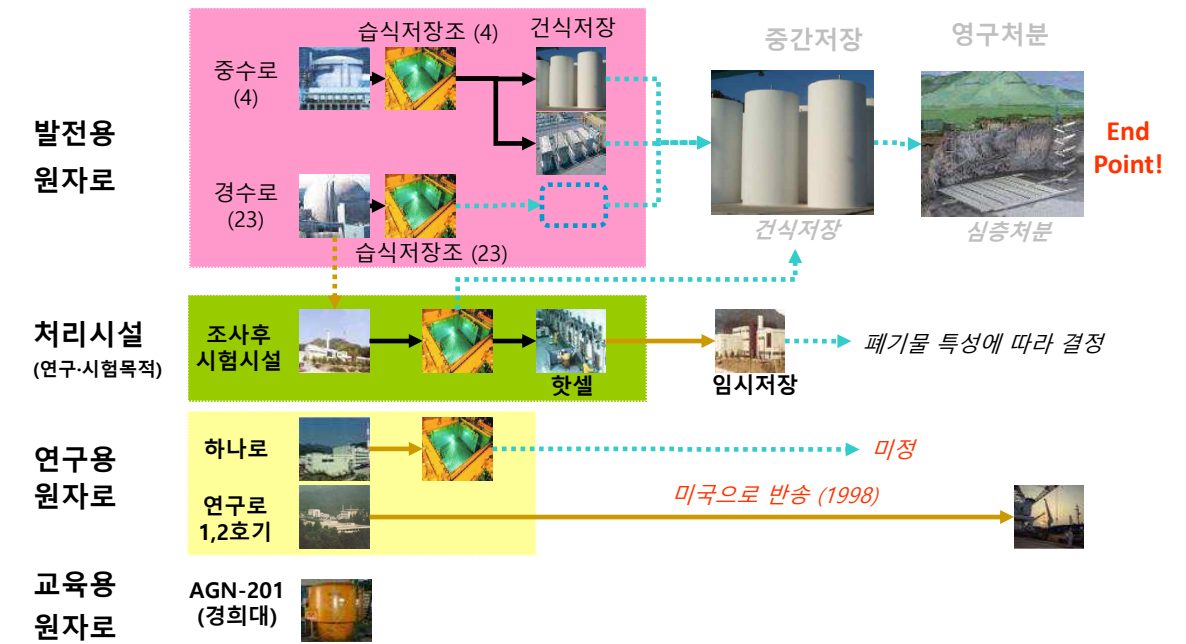
### ■ 전 세계 총 301,300톤 中

- ① 미국 28% (84,000톤)
- ② 캐나다 20% (59,151톤)
- ③ 러시아 8.2% (24,667톤)
- ④ 일본 6.4% (19,183톤)
- ⑤ 대한민국 5.6% (16,925톤)
- ⑥ 프랑스 4.7% (14,168톤)
- ⑦ 독일 3.0% (9,104톤)
- ⑧ 중국 2.8% (8,482톤)

[SOURCE] <https://nucleus.iaea.org/sites/connect/SFMpublic/Infographics%20Downloads/Spent%20Fuel%20Storage%20Status.pdf>

11

## 국내 SNF 관리체계



[SOURCE] JH Cheong (KHU)

13

## 전 세계 SNF 저장현황

관리방안 별 SNF 수량

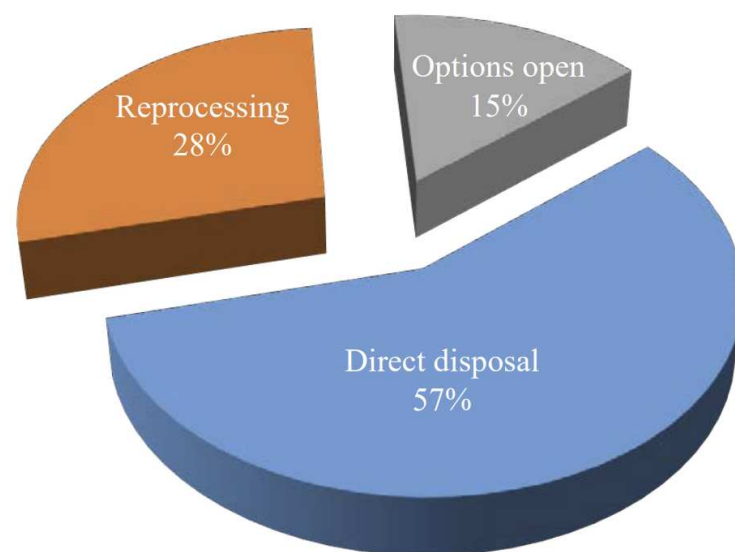


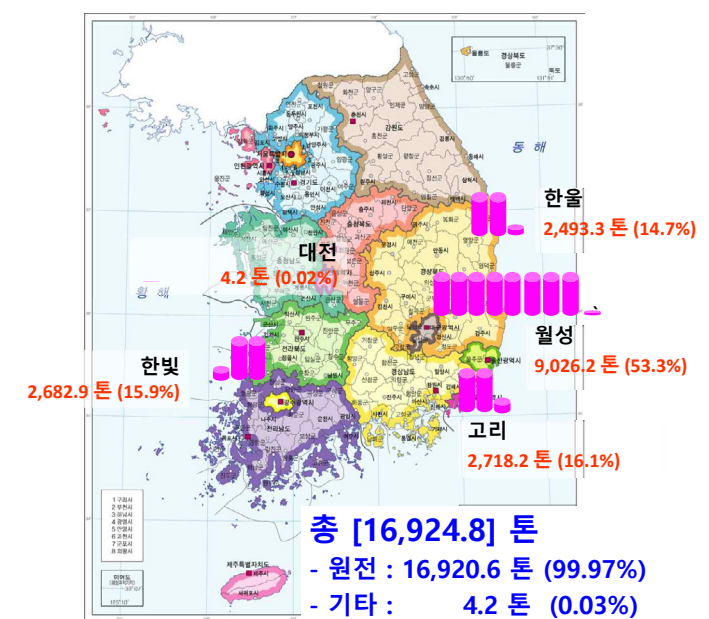
FIG. 18. Summary of existing spent fuel by planned management route.

[SOURCE] <https://nucleus.iaea.org/sites/connect/SFMpublic/Infographics%20Downloads/Spent%20Fuel%20Storage%20Status.pdf>

12

## 국내 SNF 저장현황

2020.3월말 기준

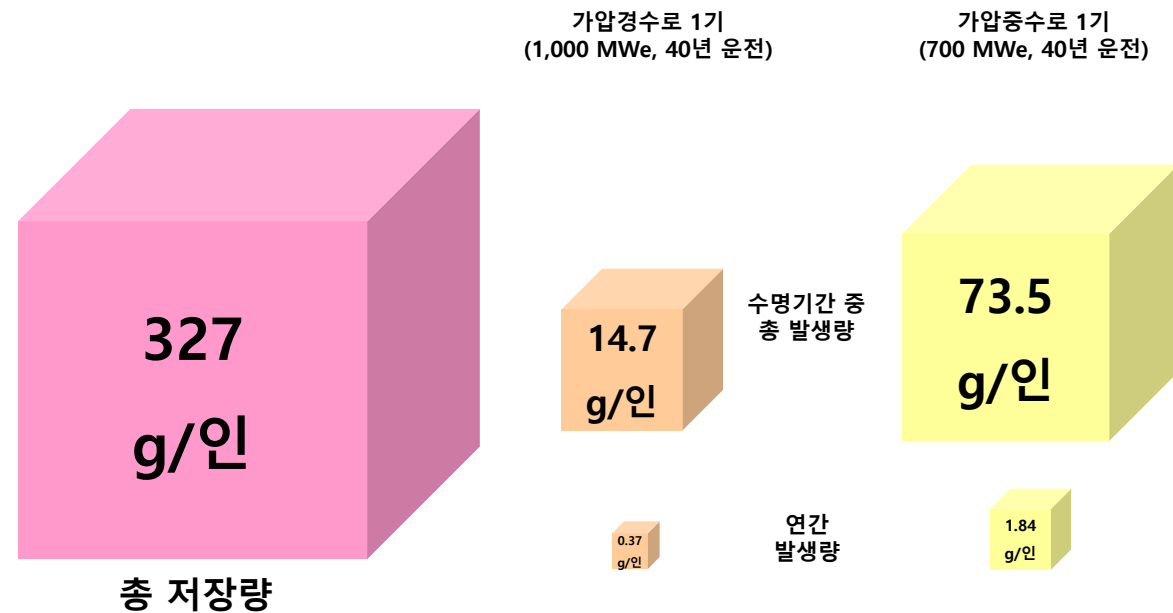


[SOURCE] 방사성폐기물안전협약 제7차 국가보고서 (대한민국)

14

## 국민 1인당 SNF 관리부담

2020.3월말 기준, 어림셈 결과



[SOURCE] JH Cheong (KHU)

15

## 국내 원전 SNF 건식저장 추진계획

한수원(주) 보도자료 기준

- '23.2.7. 고리 사용후핵연료 건식저장시설 건설 기본계획(안)
  - ▶ 방식 및 용량: 금속용기 건물 내 저장 방식 / 2,880다발
  - ▶ 사업기간: 총 7년 예상(설계, 인허가 및 건설 등)
  - ▶ 운영 목표시점 2030년
- '23.4.6. 한빛/한울 사용후핵연료 건식저장시설 건설 추진계획(안)
  - ▶ 용량: 중간저장시설 가동 전까지 원전 운영에 필요한 최소 저장용량

[SOURCE] 한국수력원자력(주)

17

## 국내 SNF 저장용량 포화시점

2023.02.10. 정부 보도자료 기준

【 원전 본부별 사용후핵연료 예상 발생량 】 (단위 : 다발)						
	고리 (경수로)	한빛 (경수로)	한울 (경수로)	새울 (경수로)	신월성 (경수로)	월성 (중수로)
기본계획 ('21.12)	10,253	10,660	18,740	15,260	3,565	576,851
재산정 ('23.2)	12,290 (2,037 ↑)	13,051 (2,391 ↑)	27,401 (8,661 ↑)	15,660 (400 ↑)	3,633 (68 ↑)	721,920 (145,069 ↑)
						635,329 (158,626 ↑)

【 원전 본부별 예상 포화시점 】						
	고리 (경수로)	한빛 (경수로)	한울 (경수로)	새울 (경수로)	신월성 (경수로)	월성 (중수로)
기본계획 ('21.12)	'31년	'31년	'32년	'66년	'44년	-
재산정 ('23.2)	'32년*	'30년	'31년	'66년	'42년	'37년

\* 고리 2호기 습식저장시설 내 조밀저장대 미설치 가정 시 2028년 포화 전망

[SOURCE] <https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156551738>

16

## Part 2

## 저장·운반 기술

18



## SNF 저장기술 변천사

### ■ 초기부터 소규모 SFP에서 습식저장(재처리 고려)

The original spent fuel pool storage design capacity was 4/3 core; i.e., if the core contained 200 fuel assemblies, the spent fuel pool storage could hold 266 spent fuel assemblies. This capacity would be sufficient for the 1/3 of the core's fuel assemblies that were changed out during a refueling plus a full core off load resulting from an unforeseen plant problem. Since spent fuel assemblies were to be recycled, this capacity was satisfactory. Also, the original spent fuel pool storage

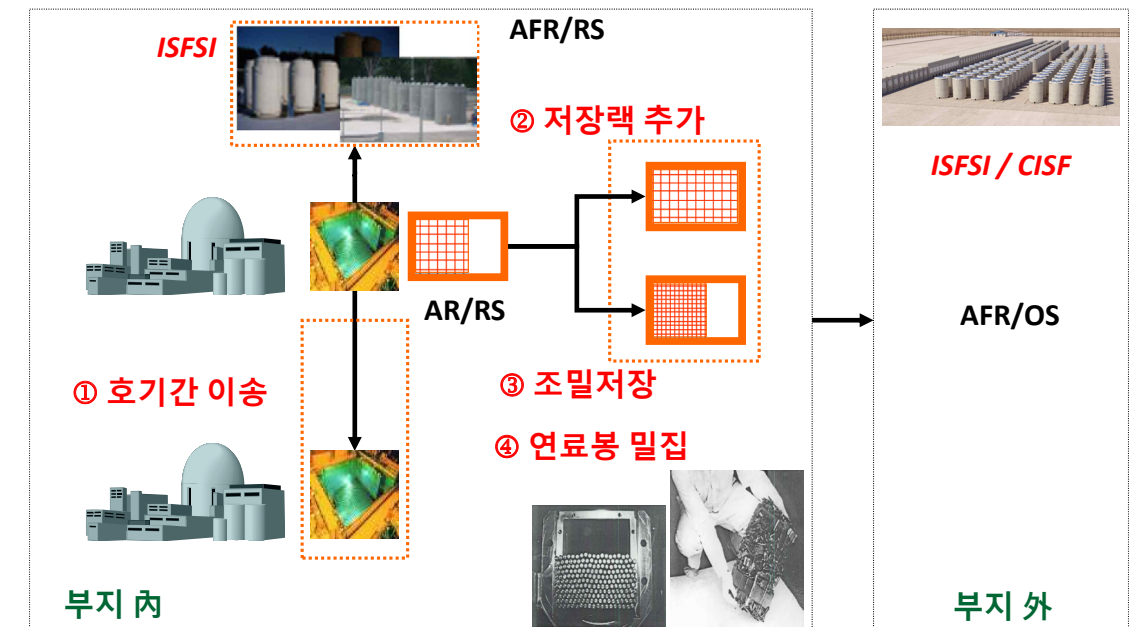
### ■ 상용 SNF 재처리 중단 선언('77.4.7.) - 미국

[SOURCE] JH CHEONG (KHU); Westinghouse Technology Systems Manual, Section 17.2 Spent Fuel Storage

19

## SNF 저장용량 확충방향

미국



[SOURCE] JH CHEONG (KHU); Status of Rod Consolidation, PNL-5122 (1985).

21

## SNF 저장기술 변천사

### ■ 원전 습식 저장용량 확충 등

- ▶ 호기간 이송 (Trans-shipment)
- ▶ 저장 랙 추가설치 (Addition)
- ▶ 조밀저장 (Re-racking)
- ▶ 연료봉 밀집저장 (Rod consolidation)

### ■ 건식저장('86.12.)

- ▶ Surry ISFSI, CASTOR V/21 - 미국

[SOURCE] JH CHEONG (KHU); Westinghouse Technology Systems Manual, Section 17.2 Spent Fuel Storage

20

## SNF 저장용량 확충방향

전 세계

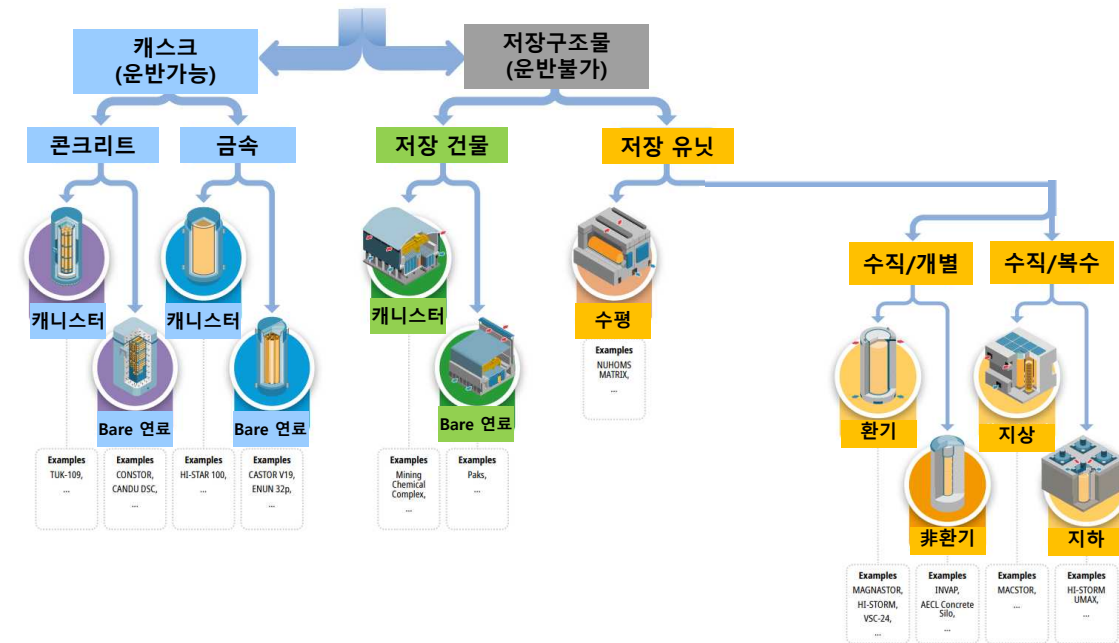


[SOURCE] JH CHEONG (KHU)

22



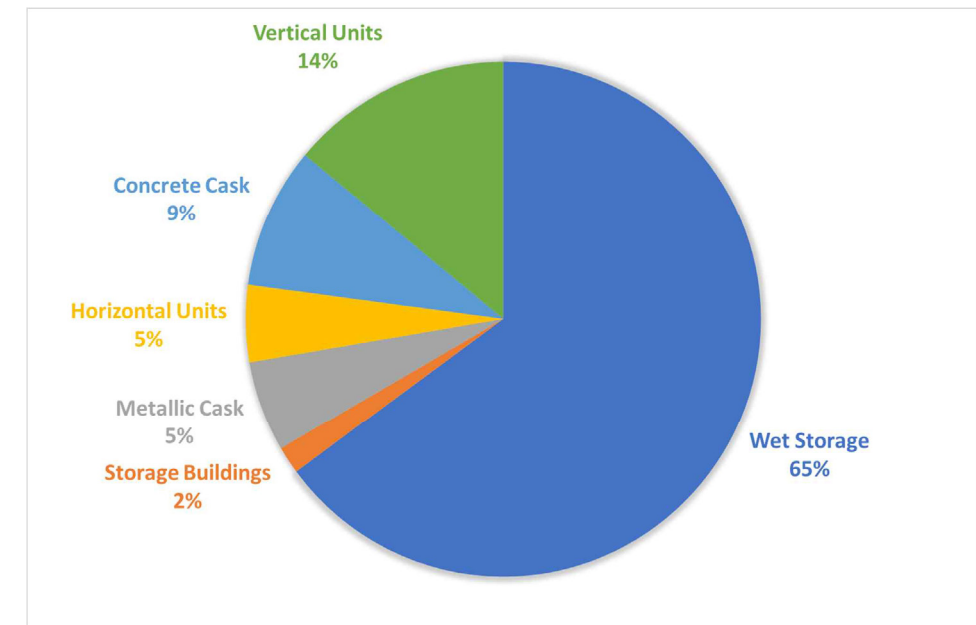
## SNF 건식저장 기술 분류



[SOURCE] <https://nucleus.iaea.org/sites/connect/SFMPublic/Infographics%20Downloads/Dry%20Storage%20Technologies%20The%20Characteristics.pdf>

23

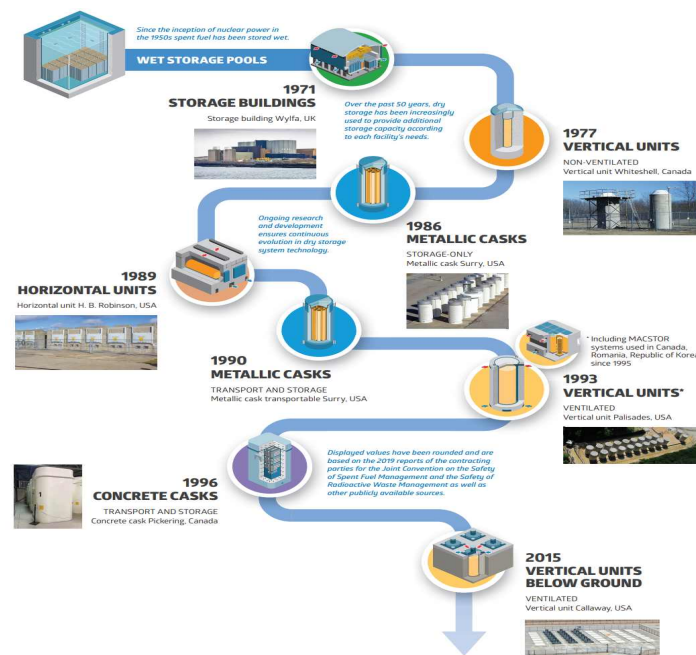
## SNF 저장방식 별 비율



[SOURCE] JH CHEONG (KHU); IAEA NES No. NW-T-1.14, Rev.1 (2022)

25

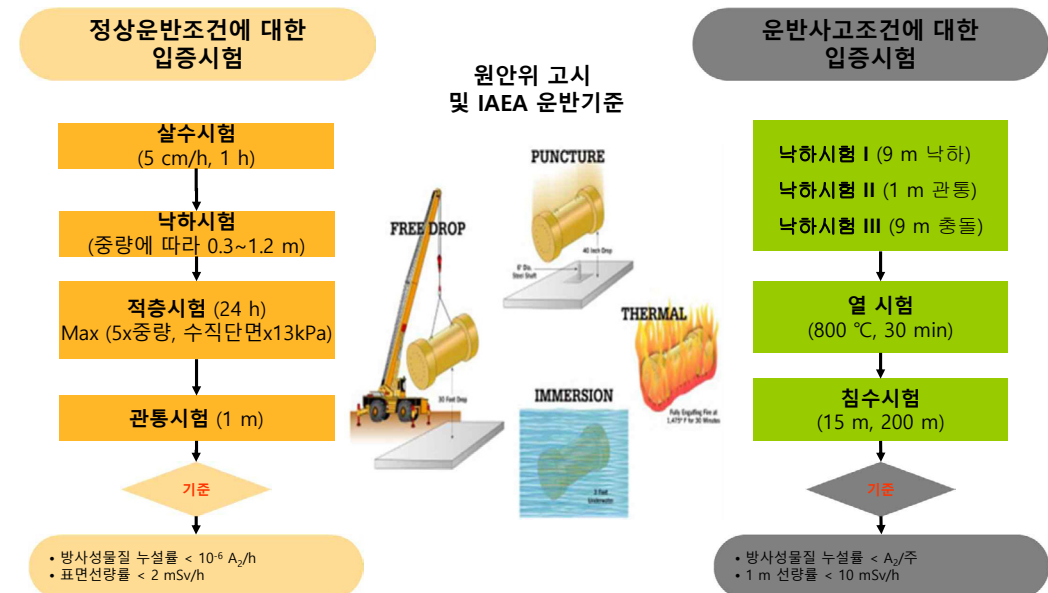
## SNF 건식저장 기술 발전 추이



[SOURCE] <https://nucleus.iaea.org/sites/connect/SFMPublic/Infographics%20Downloads/Timeline-Dry%20Storage%20Technologies-20230516.pdf>

24

## SNF 운반용기 시험조건



[SOURCE] KS SEO (KAERI)

26

## 국내 SNF 운반용기

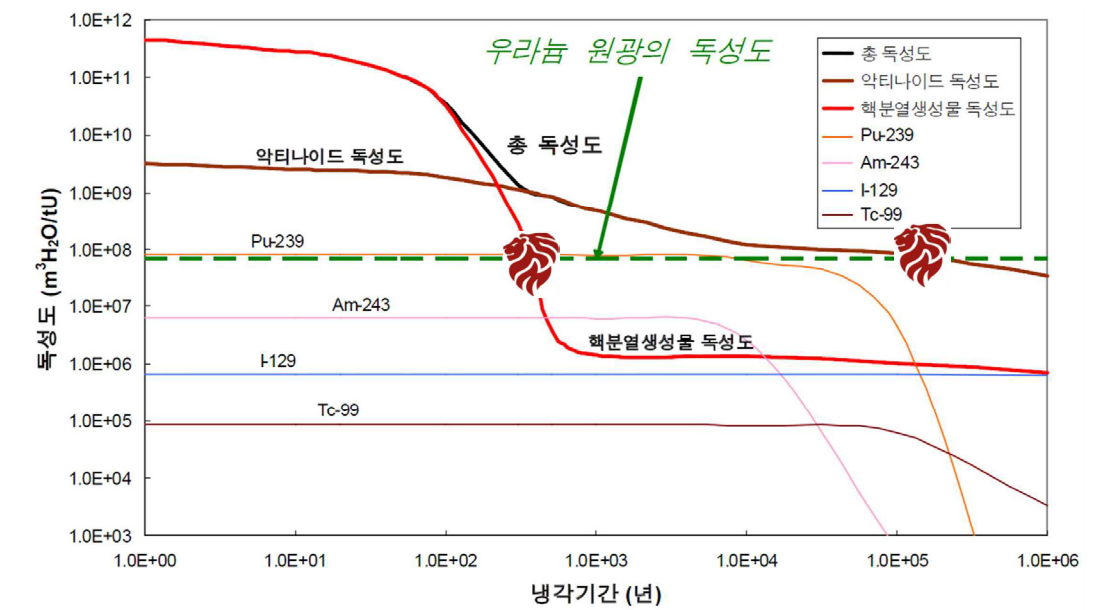


[SOURCE] 고준위 방사성폐기물 R&D 로드맵(안) 주요내용, 2022.07.20.

27

## SNF 방사선독성 경시변화

직접처분 對 처리後 처분



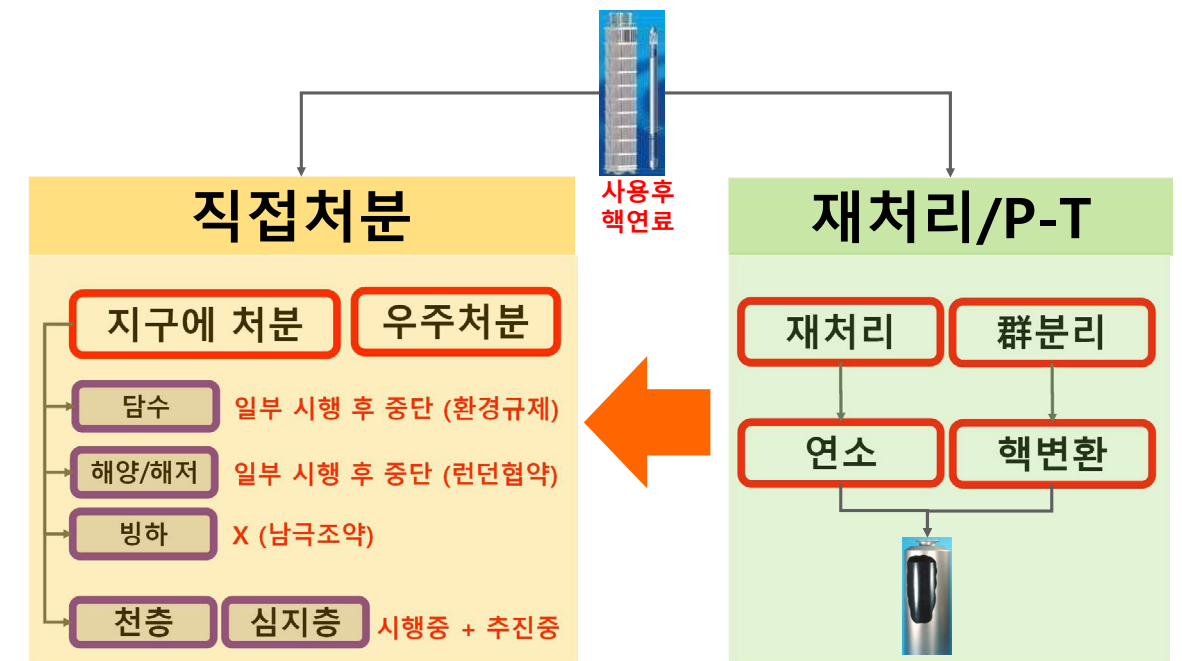
[SOURCE] 한국과학기술원(KAIST)

29

## Part 3

## 처분 기술

## 지금까지 논의된 SNF/RW 폐기방법

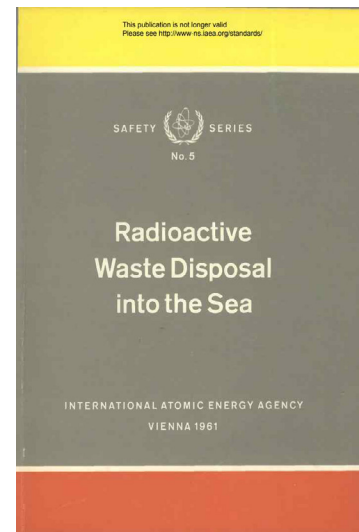


[SOURCE] JH Cheong (KHU); <https://www.osti.gov/servlets/purl/4231998>

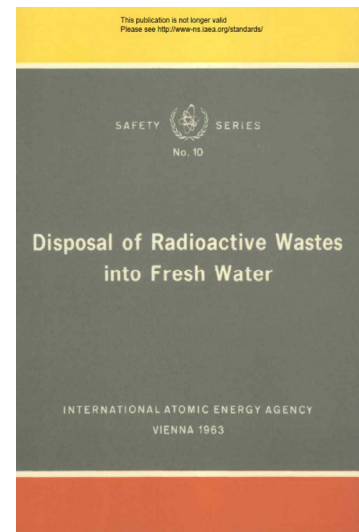
30

## RW 폐기에 관한 초기 談論

해양/담수 처분



IAEA Safety Series No. 5  
(1961)



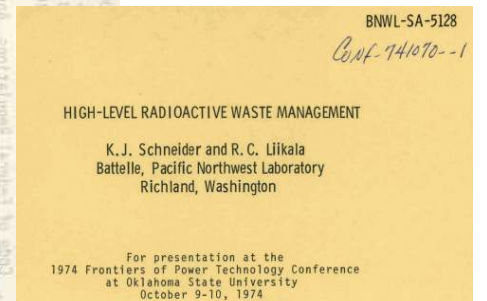
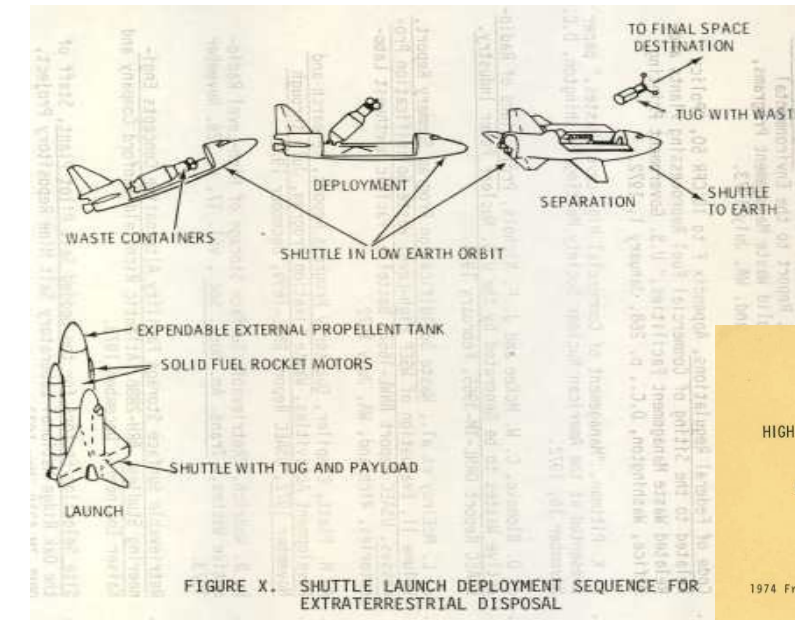
IAEA Safety Series No. 10  
(1963)

[SOURCE] IAEA

31

## RW 폐기에 관한 초기 談論

우주처분 개념

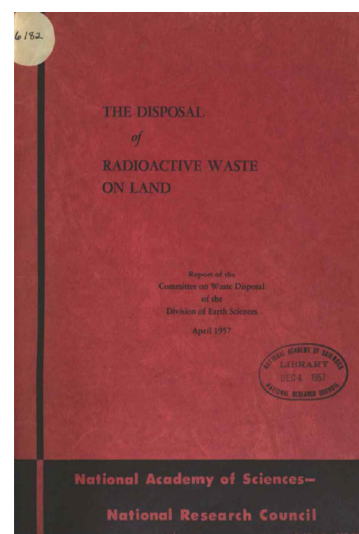


[SOURCE] JH Cheong (KHU); <https://www.osti.gov/servlets/purl/4231998>

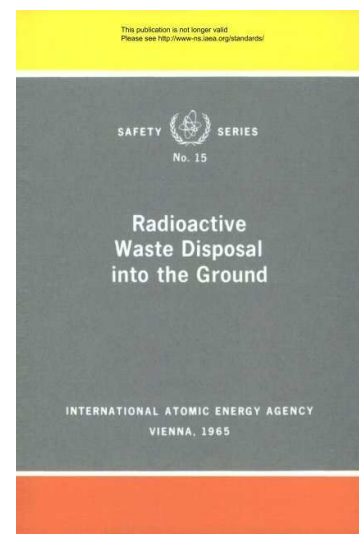
33

## RW 폐기에 관한 초기 談論

육지처분



US NAS/NRC  
(1957)



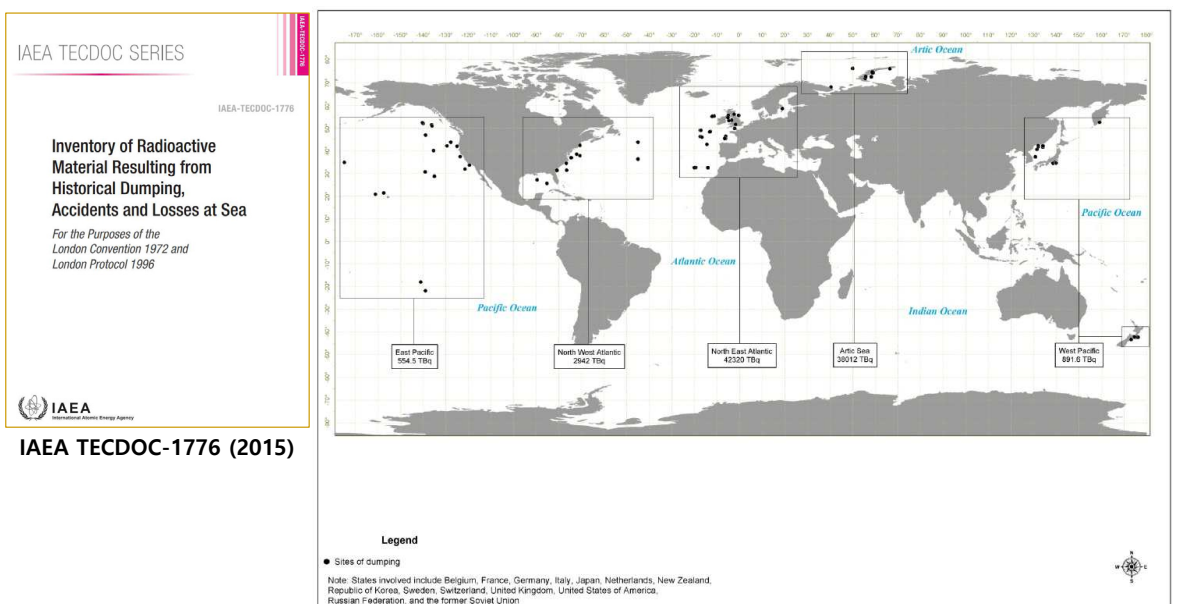
IAEA Safety Series No. 15  
(1965)

[SOURCE] IAEA; US NAS

32

## RW 해양투기 이력

13개국



[SOURCE] [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE-1776\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE-1776_web.pdf)

34



## RW 해양투기 이력

SF 未 제거 원자로 해양투기

TABLE 1. ACTIVITIES (TBq) OF DIFFERENT TYPES OF WASTE DUMPED IN THE ATLANTIC AND PACIFIC OCEANS AND IN THE ARCTIC SEA.

Waste type	Ocean			Totals	Percent of total activity
	Atlantic	Pacific	Arctic		
Reactors with spent nuclear fuel	0	0	$3.7 \times 10^4$	$3.7 \times 10^4$	43
Reactors without spent nuclear fuel	$1.2 \times 10^3$	$1.7 \times 10^2$	$1.4 \times 10^2$	$1.5 \times 10^3$	2
Low level solid waste	$4.4 \times 10^4$	$8.2 \times 10^2$	$5.9 \times 10^2$	$4.6 \times 10^4$	54
Low level liquid waste	$<1 \times 10^3$	$4.6 \times 10^2$	$7.6 \times 10^2$	$1.2 \times 10^3$	1
Total	$4.5 \times 10^4$	$1.4 \times 10^3$	$3.8 \times 10^4$	$8.5 \times 10^4$	—
Percent of total activity	53	2	45	—	100

TABLE 2. INVENTORY OF ACTIVITY IN REACTORS DUMPED IN THE KARA SEA

Site	Year of dumping	Factory number	Number of reactors		Total activity (TBq)		
			Without spent nuclear fuel	Containing spent nuclear fuel	White Book <sup>a</sup> At the time of dumping	IASAP Study At the time of dumping	1993/1994
Abrosimov Fjord	1965	No. 285	1	1	30 000	11 610	655
		No. 901	—	2	14 800	2946	727
		No. 254	2	—	500	93	9.5
		No. 260	2	—	500	44	5.1
Tsivolka Fjord	1967	OK-150	3	0.6 <sup>b</sup>	5 500	19 552	220
Novaya Zemlya Depression	1972	No. 421	—	1	29 600	1048	293
Stepovoy Fjord	1981	No. 601	—	2	7400	1720	838
Techeniye Fjord	1988	No. 538	2	—	500	6	5.1
Total			10	6.6	88 800	37 019	4732.7

<sup>a</sup> The spent nuclear fuel was contained in the naval reactor but in a reinforced concrete and metal container.

<sup>b</sup> Fission products as in the White Book, activation products estimated on the basis of the White Book as follows: total content of activation products in reactors without spent nuclear fuel not more than 3700 TBq, 1852 TBq of which was in three reactors of OK-150. Thus, the remaining seven reactors contained not more than 259 TBq each.

[SOURCE] [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE-1776\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE-1776_web.pdf)

35

## End Point로서 육지처분에 대한 국제적 공감대

유럽연합 사례

2.8.2011	EN	Official Journal of the European Union	L 199/48
COUNCIL DIRECTIVE 2011/70/EURATOM			
of 19 July 2011			
establishing a Community framework for the responsible and safe management of spent fuel and radioactive waste			

### EU, Council Directive 2011/70/Euratom

- The typical disposal concept for **low and intermediate-level waste** is **near-surface disposal**.
- It is broadly accepted at the technical level that, at this time, **deep geological disposal represents the safest and most sustainable option as the end point** of the management of **high-level waste and spent fuel** considered as waste.

[SOURCE] <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:199:0048:0056:EN:PDF>

37

## RW 처분제한

원안법 제70조(방사성폐기물의 처분제한) 등

### ■ 해양투기(投棄) 🚫 금지!

- ▶ 런던협약: 다자조약 제1211호(1994) 및 제1933호(2009)

### ■ 빙하처분 🚫 금지!

- ▶ 남극조약, 남극활동법 제3조(금지행위) 등

### ■ 육지처분 📄 제한적 허용!

- ▶ 방사성폐기물관리시설등 건설·운영자(한국원자력환경공단) 外 금지!

### \* 자체처분기준 미만 폐기물

- ▶ 원자력관계사업자가 매립, 소각, 재활용 등으로 자체처분(규제해제) 가능

[SOURCE] JH Cheong (KHU)

36

## EU Taxonomy

### EU Taxonomy (2022)

- (f) the Member State has a documented plan with detailed steps to have in operation, **by 2050, a disposal facility for high-level radioactive waste** describing all of the following:
- (i) concepts or plans and technical solutions for spent fuel and radioactive waste management from generation to disposal;
  - (ii) concepts or plans for the post-closure period of a disposal facility's lifetime, including the period during which appropriate controls are retained and the means to be employed to preserve knowledge of that facility in the longer term;
  - (iii) the responsibilities for the plan implementation and the key performance indicators to monitor its progress;
  - (iv) cost assessments and financing schemes.

For the purposes of point (f), Member States may use plans drawn up as part of the national programme required by Articles 11 and 12 of **Directive 2011/70/Euratom**.

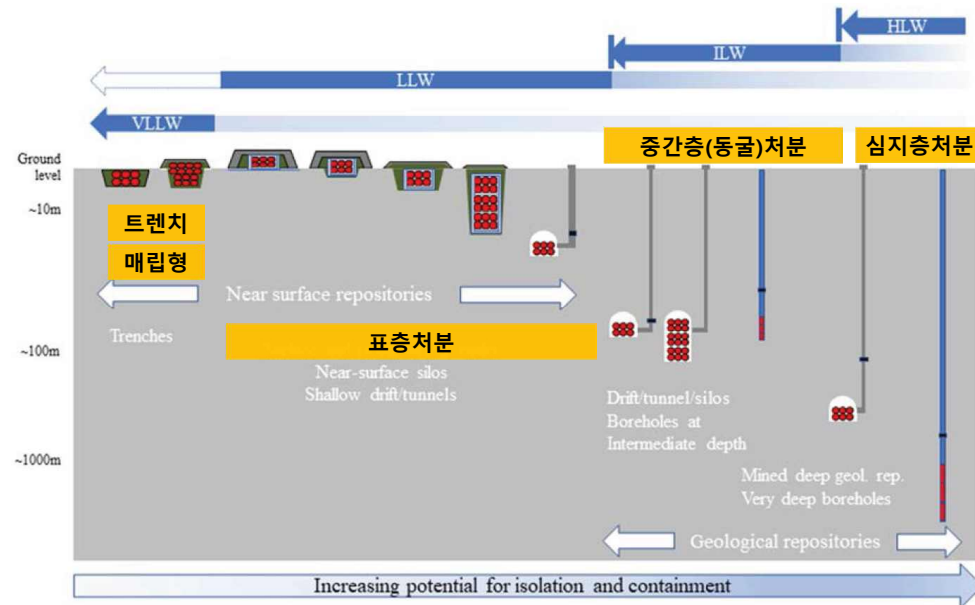
[SOURCE] EU Taxonomy (2022)

38



## RW 육지처분 방식

RW 준위와 처분심도

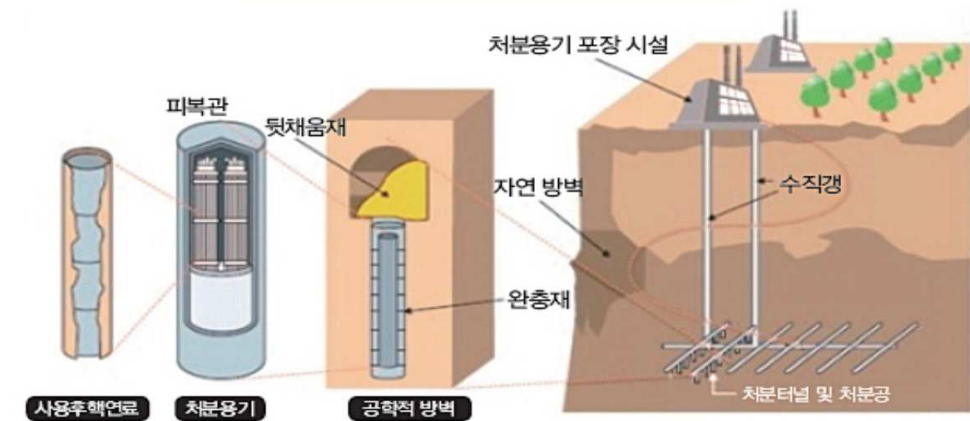


[SOURCE] JH CHEONG (KHU)

39

## 심지층처분 개념

고준위 방사성폐기물 심층처분 개념도



4중 밀봉개념 : ① 고준위 방사성폐기물이 삽입된 금속 캐니스터 ② 캐니스터를 담아서 밀봉하는 구리 재질의 처분용기 ③ 처분용기를 넣은 암반터널 입구를 채우는 완충재(벤토나이트) ④ 천연암반

[SOURCE] <https://www.korad.or.kr/resources/homepage/korad/pdf/info4.pdf>

41

## 국내 RW 분류와 처분방식

원안위고시 (RW분류 및 자체처분 기준에 관한 규정)

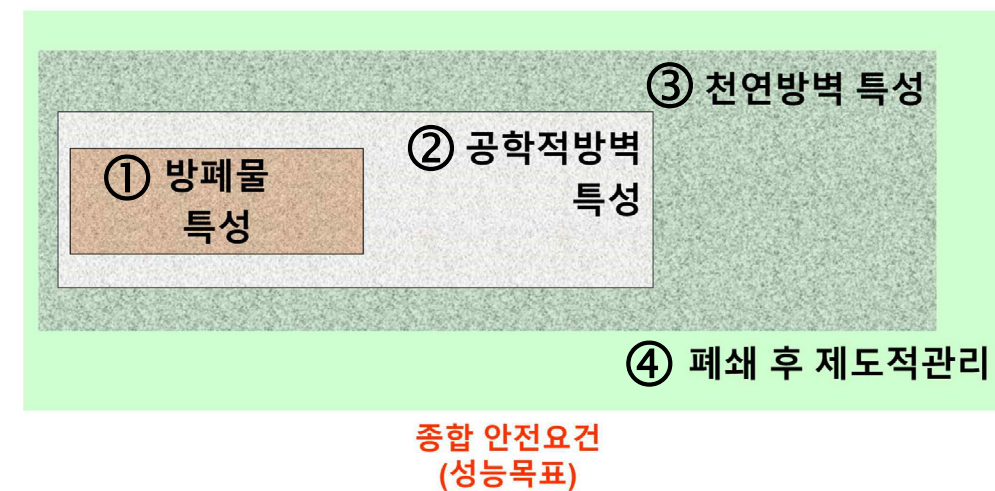


[SOURCE] JH CHEONG (KHU)

40

## 처분시설 안전특성

방폐물 인수기준      구조물·계통·기기 시설·성능기준      부지선정(위치) 기준



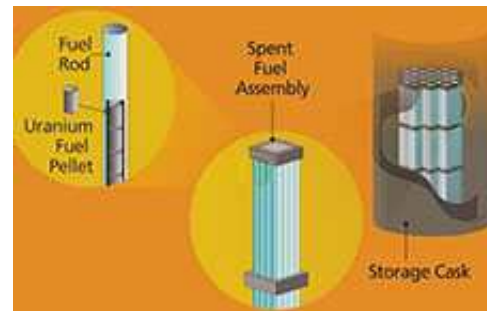
[SOURCE] CW JEONG (KINS)

42

## Waste Form

### Waste Form

#### ▶ 처분용기에 포장 전 RW의 화학적/물리적 형태



SNF Waste Form

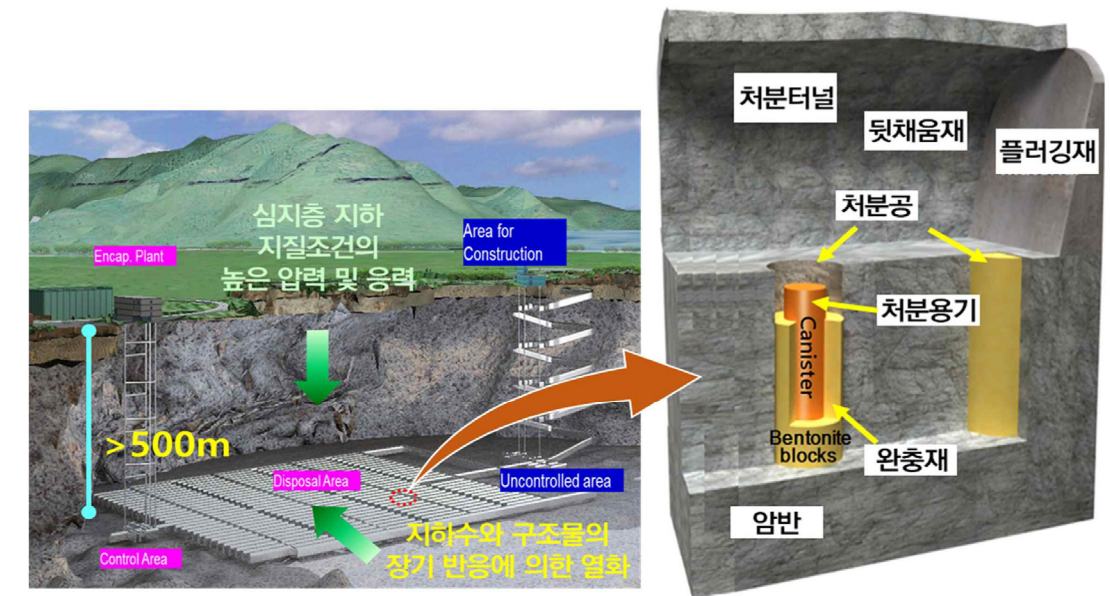


HLW 유리고화체 Waste Form

[SOURCE] <http://www.radioactivity.eu.com/>; <http://resources.schoolscience.co.uk/>; <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/dry-cask-storage.html>

43

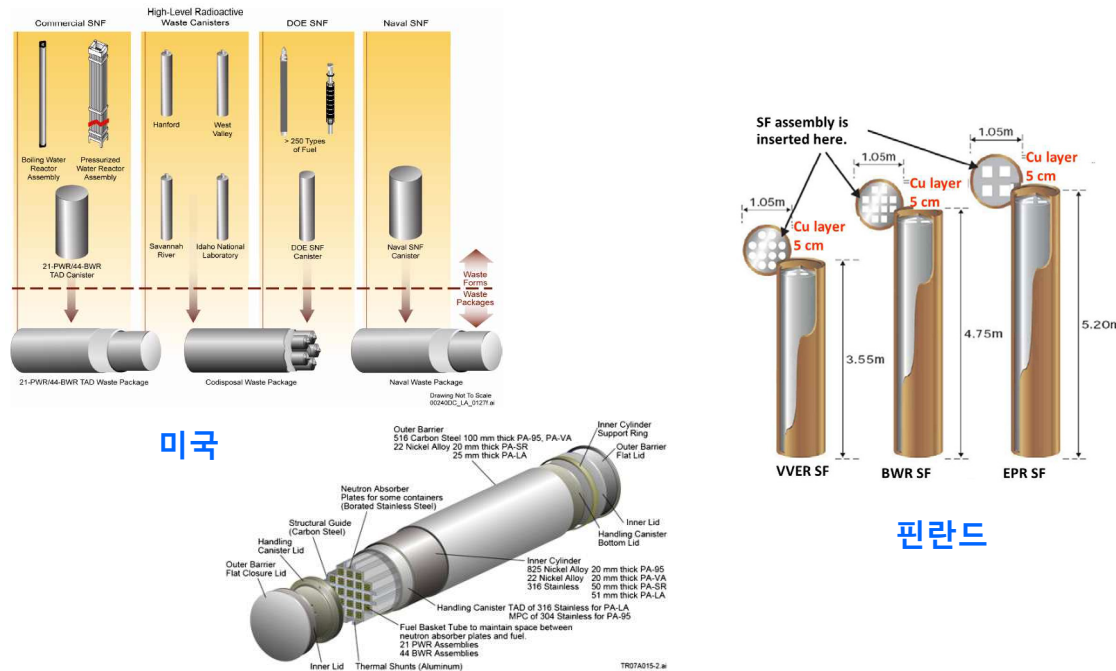
## 공학적인방벽 - 처분고, 완충재, 뒤채움재



[SOURCE] 한국원자력연구원(2023)

45

## 공학적인방벽 - 처분용기



미국

핀란드

[SOURCE] [http://www.posiva.fi/en/final\\_disposal/basics\\_of\\_the\\_final\\_disposal/the\\_final\\_disposal\\_canister#.WOYQvDvyhGo](http://www.posiva.fi/en/final_disposal/basics_of_the_final_disposal/the_final_disposal_canister#.WOYQvDvyhGo)  
<https://energy.gov/sites/prod/files/edg/media/SER.PDF>

44

## 천연방벽 - 모암의 특성

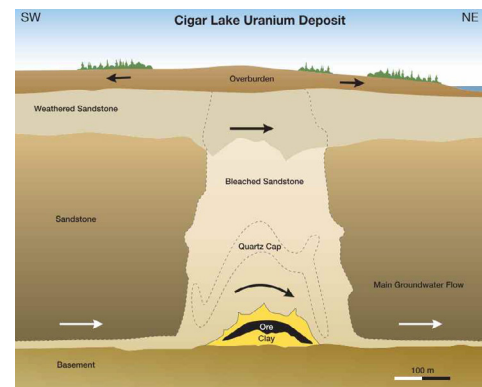
국가	대상	모암 및 지하수 특성
스웨덴	SNF	화강암, 포화대
핀란드		화강암, 포화대
미국		응회암, 불포화대
캐나다		미정, 포화대
프랑스	유리고화체	퇴적암, 포화대
일본		미정, 포화대
스위스		퇴적암(Opalinus Clay), 포화대

[SOURCE] [http://www.posiva.fi/en/final\\_disposal/basics\\_of\\_the\\_final\\_disposal/the\\_final\\_disposal\\_canister#.WOYQvDvyhGo](http://www.posiva.fi/en/final_disposal/basics_of_the_final_disposal/the_final_disposal_canister#.WOYQvDvyhGo)  
<https://energy.gov/sites/prod/files/edg/media/SER.PDF>

46



## Natural & Anthropogenic Analogues



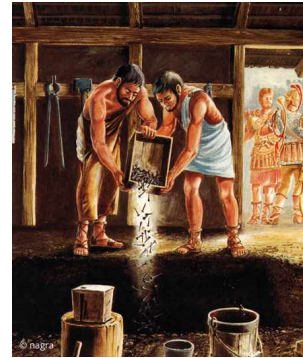
캐나다 우라늄 광물 매장지역  
(Cigar Lake)

450미터 지하, 10억년  
지표로 누출 없음



영국 천연 구리판  
(South Devon)

점토질 암석 내에서  
2억년 동안 부식 미미



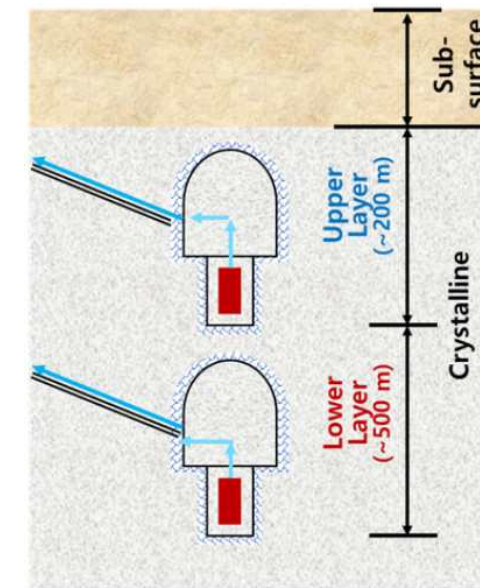
Inchtuthil Nails (A.D. 87)

2000년 이상 철재 못  
부식 미미

[SOURCE] <https://www.nwmo.ca/>

47

## 대안 처분기술 - 심지층 다층처분

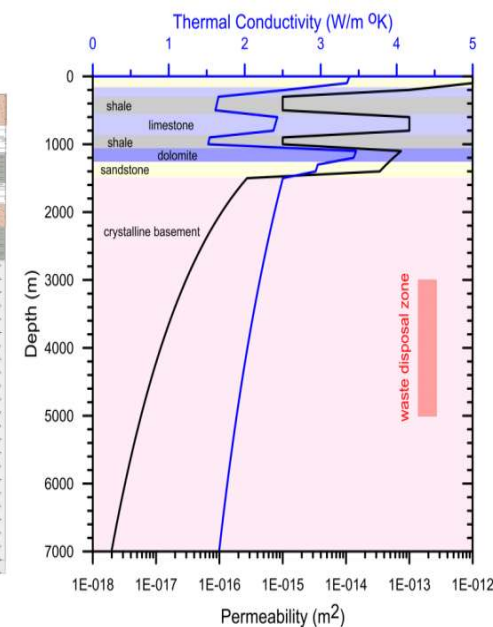
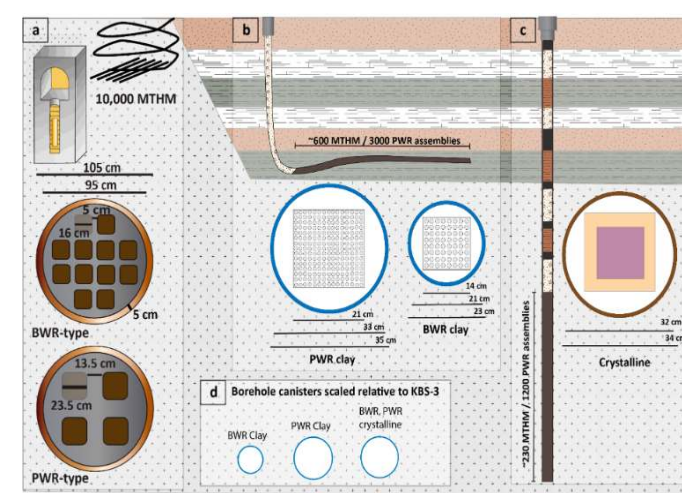


[SOURCE] 한국원자력연구원(2023)

49

## 대안 처분기술 - 심부 시추공처분

심지층 처분  
Deviated Borehole  
Deep Borehole



[SOURCE] <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03440> (2020);  
<https://www.energy.gov/ne/articles/deep-borehole-disposal-research-demonstration-site-selection-guidelines-borehole-seals>

48

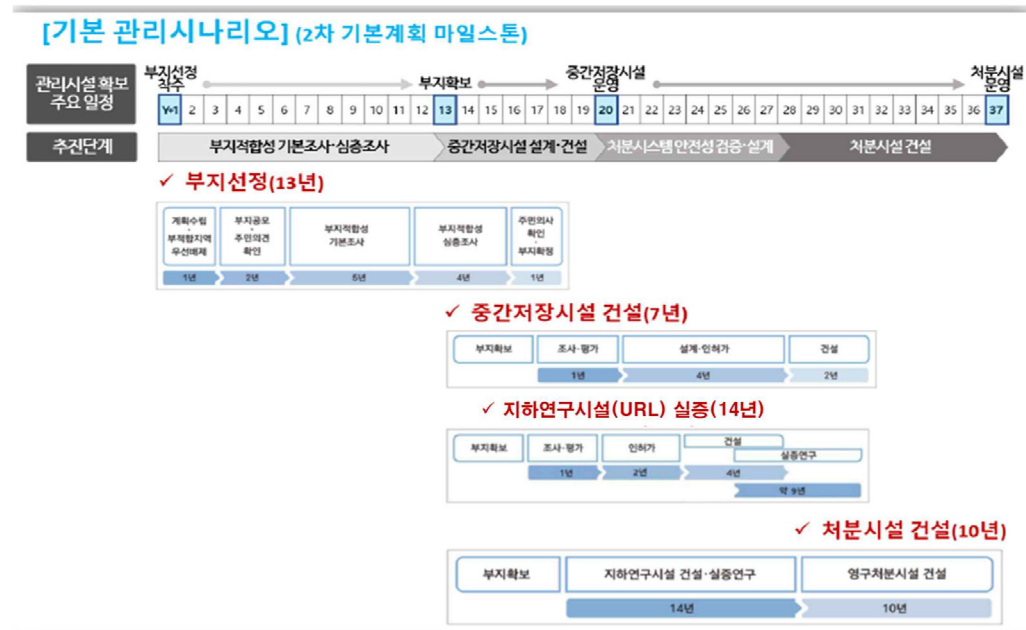
## Part 4

## 고준위 방사성폐기물 R&D 로드맵(안)

50

## 국내 HLW 관리 시나리오

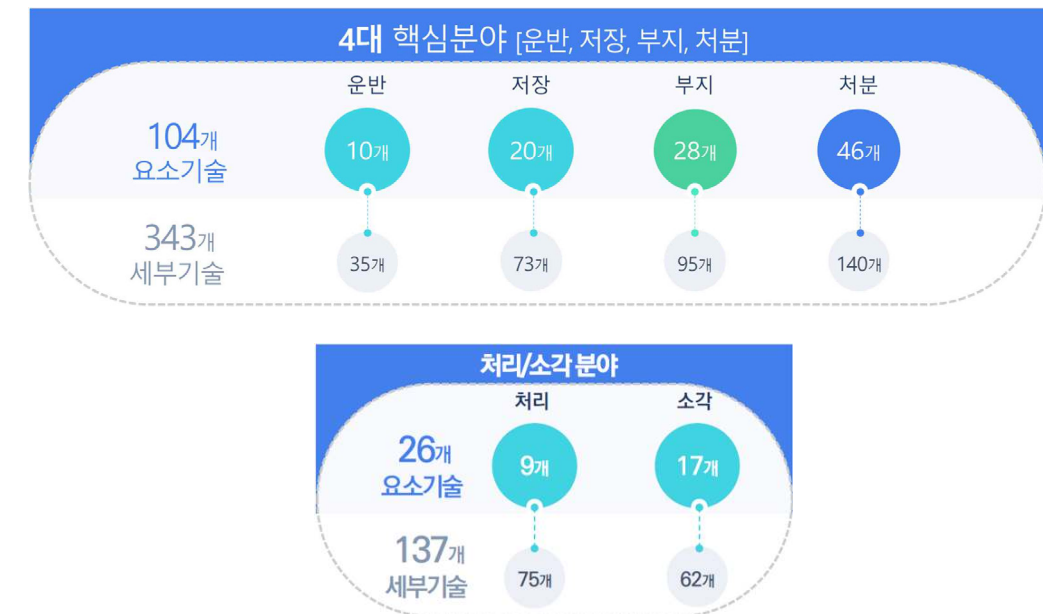
제2차 고준위 방사성폐기물 관리 기본계획 기준



[SOURCE] 제2차 고준위 방사성폐기물 관리 기본계획(2021.12.)

51

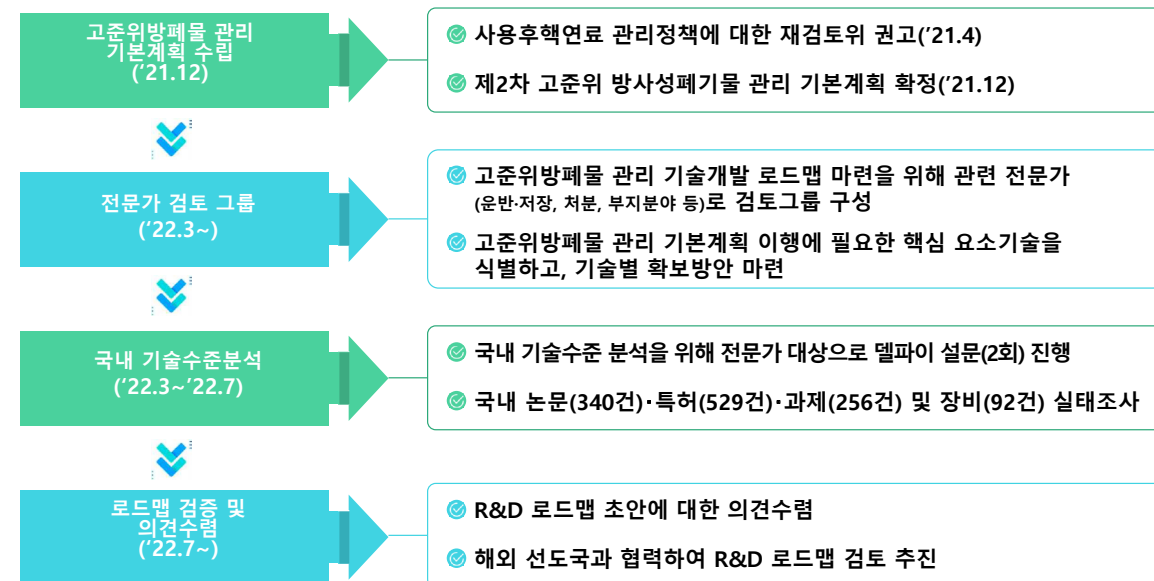
## 요소기술 및 세부기술 도출 결과



[SOURCE] KORAD, 고준위방폐물 R&D 기술로드맵 주요내용 (2023.5.31.); NRF, 고준위 방사성폐기물 처리·소각분야 상세 기술확보 로드맵 사전공고 등

53

## 추진경과



\* 2023.01.25.~02.06. 『고준위 방사성폐기물 처리·소각분야』 상세 기술확보 로드맵(안) 사전공고 및 의견수렴

[SOURCE] KORAD, 고준위방폐물 R&D 기술로드맵 주요내용 (2023.5.31.) 등

52

## 요소기술 체계도 - 운반기술



[SOURCE] KORAD, 고준위방폐물 R&D 기술로드맵 주요내용 (2023.5.31.) 등

54



## 요소기술 체계도 - 저장기술



[SOURCE] KORAD, 고준위방폐물 R&D 기술로드맵 주요내용 (2023.5.31.) 등

55

## 요소기술 체계도 - 처분기술(1)



[SOURCE] KORAD, 고준위방폐물 R&D 기술로드맵 주요내용 (2023.5.31.) 등

57

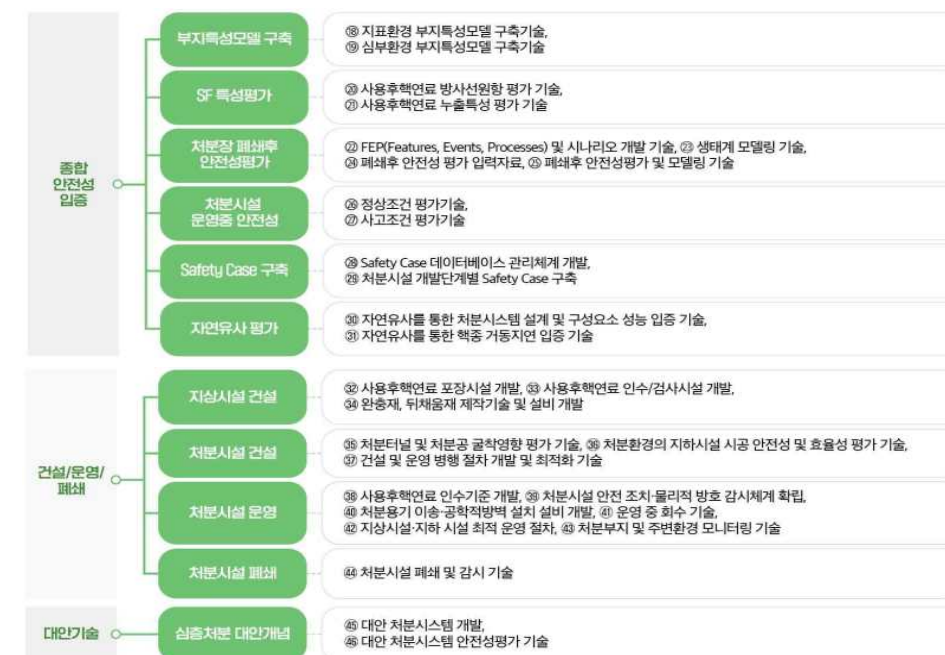
## 요소기술 체계도 - 부지기술



[SOURCE] KORAD, 고준위방폐물 R&D 기술로드맵 주요내용 (2023.5.31.) 등

56

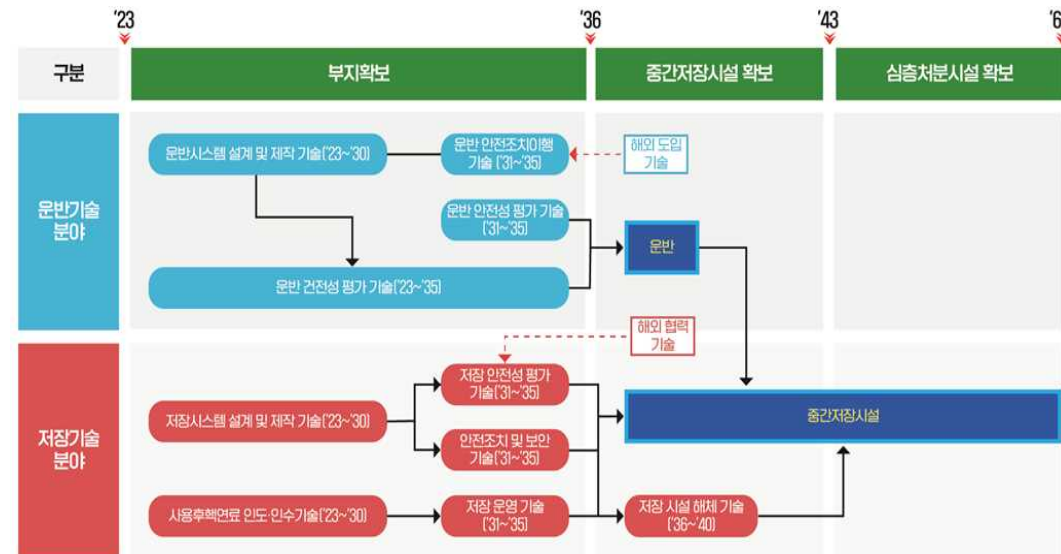
## 요소기술 체계도 - 처분기술(2)



[SOURCE] KORAD, 고준위방폐물 R&D 기술로드맵 주요내용 (2023.5.31.) 등

58

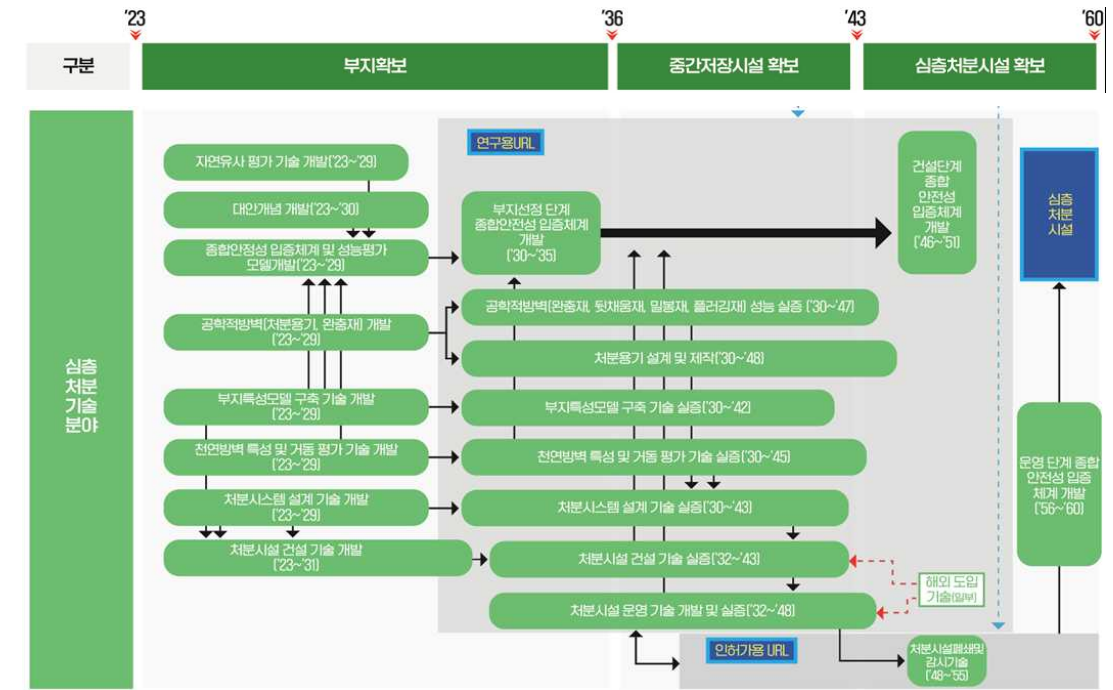
## 기술개발 일정(안) - 운반 및 저장 분야



[SOURCE] KORAD, 고준위방폐물 R&D 기술로드맵 주요내용 (2023.5.31.) 등

59

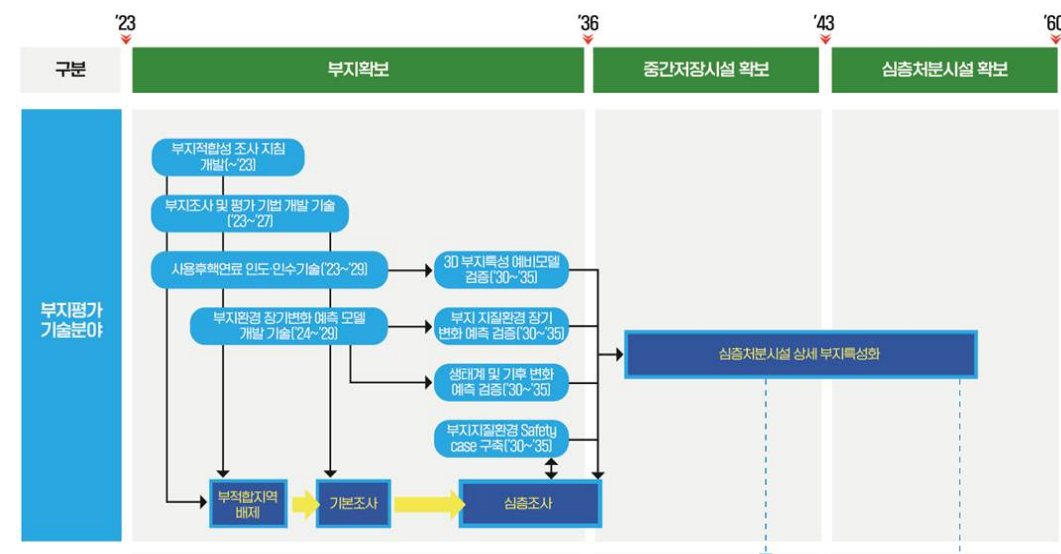
## 기술개발 일정(안) - 처분 분야



[SOURCE] KORAD, 고준위방폐물 R&D 기술로드맵 주요내용 (2023.5.31.) 등

61

## 기술개발 일정(안) - 부지평가 분야



[SOURCE] KORAD, 고준위방폐물 R&D 기술로드맵 주요내용 (2023.5.31.) 등

60

## 처리·소각분야 요소기술(안)

'23.1~2월 사전공고 기준

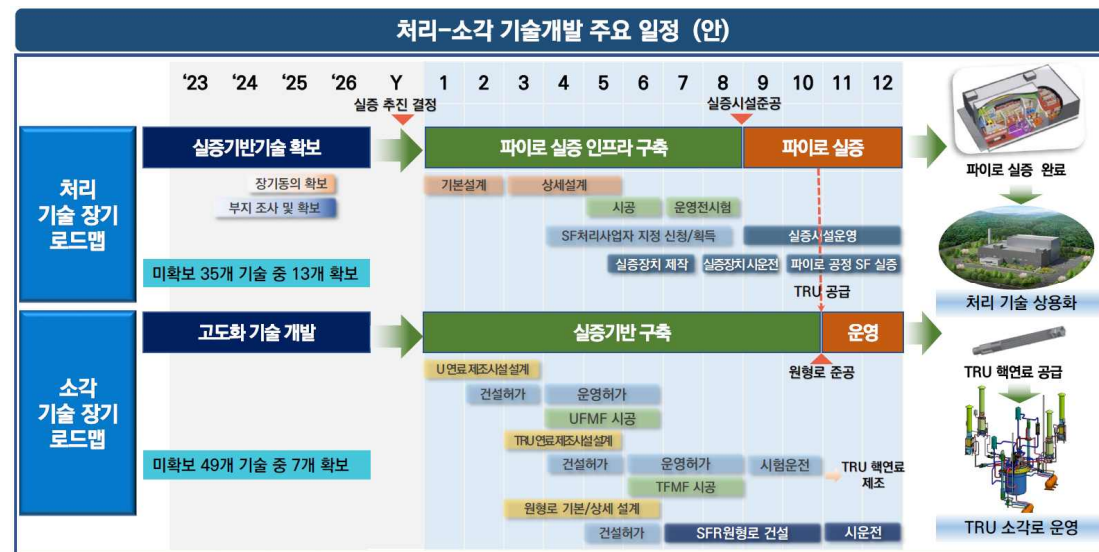


[SOURCE] [https://plan.nrf.re.kr/site/kor/html/sub01/0103.html?mode=V&site\\_dvs\\_cd=kor&mng\\_no=3924](https://plan.nrf.re.kr/site/kor/html/sub01/0103.html?mode=V&site_dvs_cd=kor&mng_no=3924)

62

## 기술개발 일정(안) – 처리·소각 분야

'23.1~'24.2월 사전공고 기준



[SOURCE] [https://plan.nrf.re.kr/site/kor/html/sub01/0103.html?mode=V&site\\_cd=kor&mng\\_no=3924](https://plan.nrf.re.kr/site/kor/html/sub01/0103.html?mode=V&site_cd=kor&mng_no=3924)

63

4

## 국내 악티늄 알파핵종 표적치료 임상적용

임일한 (한국원자력의학원)

감사합니다.





임 일 한

한국원자력의학원

■ 학력

- 1999.02 MEDICAL SCHOOL, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea
- 2008.02 MASTER, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea
- 2014.02 DOCTOR, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea (Mentor: Professor Keon Wook Kang, Thesis: The Comparison of HER2 Targetability between Affibody and Antibody in Nude Mice Bearing Human Breast Cancer Xenograft)

■ 경력

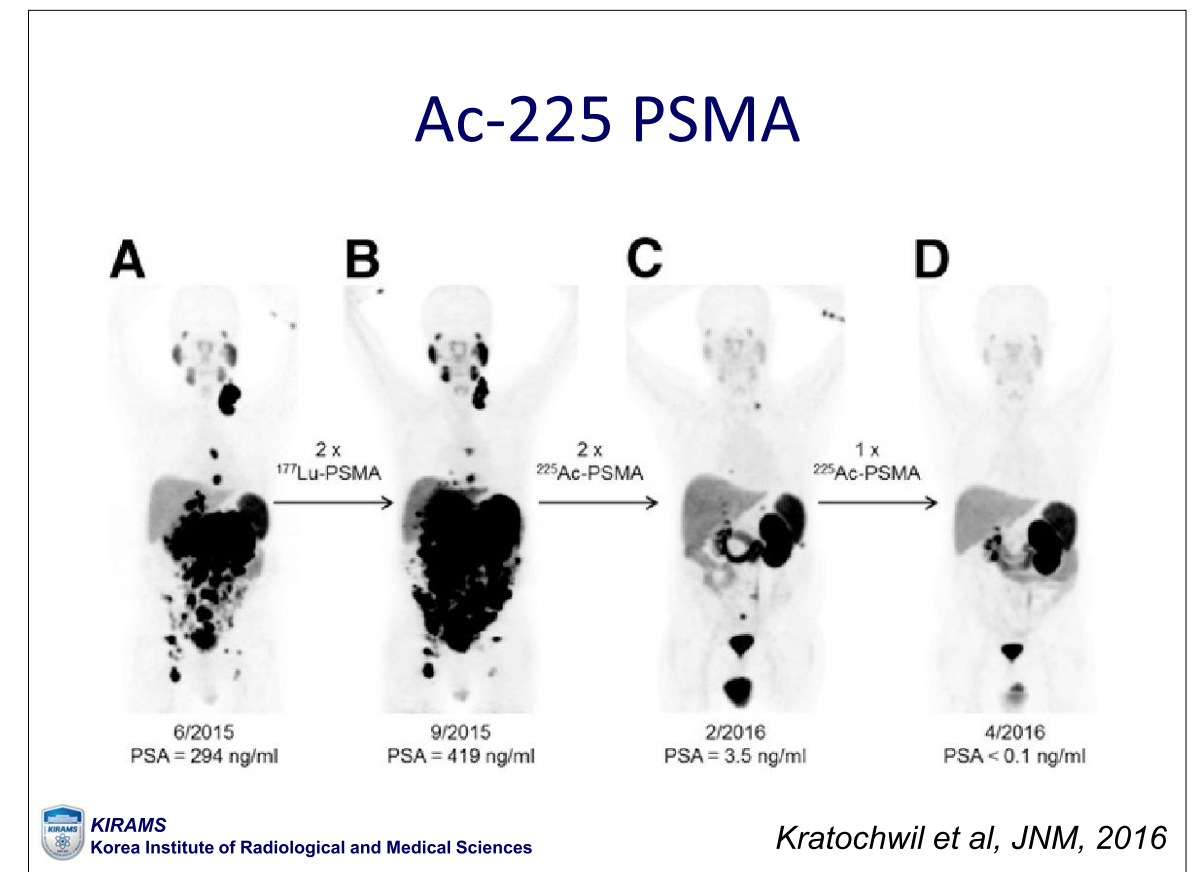
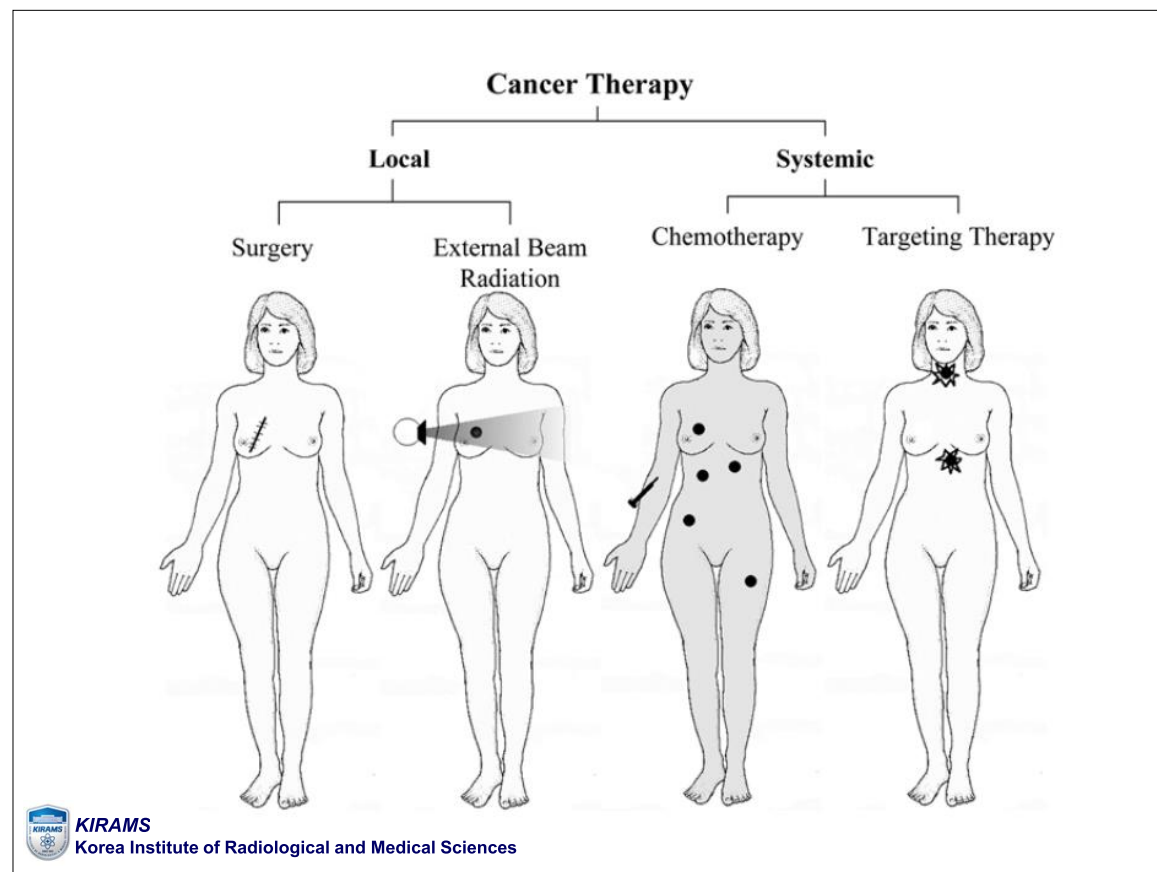
- 1999 ~ 2000 Internship, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea
- 2005.09 ~ 2009.08 Resident, Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea
- 2009.09 ~ 2010.08 Research fellow, Department of Nuclear Medicine, Korea Cancer Center Hospital, Korea Institute of Radiological & Medical Sciences, Seoul, Korea
- 2010.09 ~ Present Staff, Department of Nuclear Medicine, Korea Cancer Center Hospital, Korea Institute of Radiological & Medical Sciences, Seoul, Korea
- 2012.08 ~ 2018.05 Chief, Policy Development Team, Korea Institute of Radiological & Medical Sciences, Seoul, Korea
- 2015.07 ~ 2018.08 Editor in chief, Radiological medicine webzine
- 2015.03 ~ 2017.02 Assistant Professor, Department of Radiological & Medico ~ Oncological Sciences, University of Science & Technology, Seoul, Korea
- 2017.03 ~ Present Associate Professor, Department of Radiological & Medico ~ Oncological Sciences, University of Science & Technology, Seoul, Korea
- 2018.09 ~ 2019.08 Visiting Scholar, Molecular Imaging Program, Center for Cancer Research, National Cancer Institute, National Institutes of Health
- 2019.12 ~ 2021.08 Director, Radiological GLP center, Korea Radiolotope Center for Pharmaceuticals (KRICP), Korea Institute of Radiological & Medical Sciences, Seoul, Korea
- 2023.03 ~ Present Director, Department of Nuclear Medicine, Korea Cancer Center Hospital, Korea Institute of Radiological & Medical Sciences, Seoul, Korea



Contents

- Ac-225 소개
- Ac-225 연구의 선구자들
- Ac-225 임상시험 식약처 허가
- Ac-225 표적 치료
  - 신경 내분비 종양
  - 전립선암

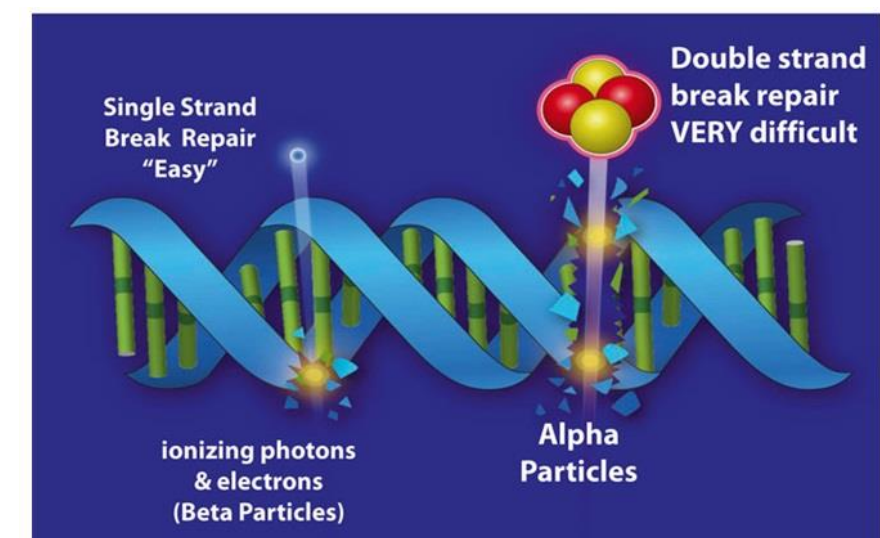




## Advantage of NM therapy

- Smart therapy – Targeting
- Easy to evaluate -Theragnostic

## Targeted alpha therapy



**Fig. 1** Radioactive particle mass, energy, and DNA damage. *Top*: photons have no mass; protons have 1/4 the mass energy of alpha particles. Thus, alpha particles have much greater mass and energy than electrons (beta particles). *Bottom*: Graphic representation of the high energy of alpha particles causing double strand breaks which are more difficult for cancer cells to repair than single stand breaks

*Nuclear Medicine Communications* (1993) **14**, 121–125

**Nuclear  
Medicine  
Communications**

---

## The feasibility of $^{225}\text{Ac}$ as a source of $\alpha$ -particles in radioimmunotherapy

The use of  $^{225}\text{Ac}$  and/or its daughter isotopes should be seriously considered in this context because:

1. The isotope can be made available in a practicable manner and, with time, on a sufficiently large scale.
2. The handling of the isotope is not hampered by a radon isotope or by high-energy  $\gamma$ -emitters in the decay chain.
3. When indicated, instead of the relatively long-living  $^{225}\text{Ac}$  with its 10 day half-life, its last  $\alpha$ -emitting daughter-isotope  $^{213}\text{Bi}$  with a half-life of only 47 min can be used.
4. Effective cumulative radiation doses of high-energy, short-range  $\alpha$ -particles can be realized with a roughly one thousand-fold smaller number of radioactive atoms per unit tumour than are needed for any other kind of available cell-toxic radiation.

M.W. GEERLINGS<sup>1</sup>  
R. VAN DER HOUT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Akzo nty, P.O. Box 9300, 6 Oss, The Netherlands; <sup>2</sup>Eun Germany; <sup>4</sup>Akzo Research L

Received 24 June 1992, in

---

### Summary

This paper proposes the u with a radioactive half-li addition, when indicated with a radioactive half-li radioimmunotherapy. Thi from a  $^{225}\text{Ac}$  source at the precursors,  $^{229}\text{Th}$ , which particles as an alternative characteristics and the rad target-selective carrier m complementary to and/or

---

KIRAMS  
Korea Institute of Radiological and Medical Sciences

Geerlings et al, NMC, 1993

**Original article**

**Importance of receptor density in alpha radioimmunotherapy in B cell malignancies: an in-vitro study**

Katia Vandenbulcke<sup>a</sup>, Hubert Thierens<sup>b</sup>, Fritz Offner<sup>c</sup>, Ann Janssens<sup>c</sup>, Virginie de Gelder<sup>b</sup>, Klaus Bacher<sup>b</sup>, Jan Philippé<sup>d</sup>, Filip De vos<sup>e</sup>, Rudi Dierckx<sup>e</sup>, Christos Apostolidis<sup>f</sup>, Alfred Morgenstern<sup>f</sup> and Guido Slegers<sup>a</sup>

**Fig. 3**

**Background** External beam immunotherapy (RIT) are e malignancies. The develop is attractive because of the (LET) and short path length and lower toxicity to health

**Aim** To assess the binding B cell chronic lymphocytic lymphoma with villous lym the induction of apoptosis well as with <sup>213</sup>Bi conjugat

**Method** <sup>213</sup>Bi was eluted fi conjugated to CD20 antibo DTPA as chelator. Binding a correlated to antibody bind cytometry. Apoptosis was : analyses of the cells stain 7-amino-actinomycin D.

**Results** Binding of <sup>213</sup>Bi-rituximab was significantly lower

it to <sup>213</sup>Bi induced significantly more 'L (42 ± 19% and 42 ± 17%) compared to 27 ± 12% and 6 ± 8%).

ing assays confirm that SLVL samples >20 antigens compared to B-CLL ntional therapies such as fludarabine, one or external gamma irradiation spones in the two populations is present higher sensitivity towards These data are in favour of patients. *Nucl Med Commun* 25:1131-1136 t Williams & Wilkins

munications 2004, 25:1131-1136

inotherapy (RIT), <sup>213</sup>Bi-rituximab, apoptosis, CD20

pharmacy, <sup>b</sup>Anatomy, Embryology, Histology and it University, Departments of <sup>c</sup>Hematology, <sup>d</sup>Clinical y and Immunology, Ghent University Hospital, <sup>e</sup>Division of nt University Hospital Rabl and <sup>f</sup>Franz

**Vandenbulcke et al, NMC, 2004**

Cancer Biology & Therapy 6:6, 846-852; June 2007; ©2007 Landes Bioscience

# Clinical Trial

## Interim Analysis of Toxicity and Response in Phase 1 Trial of Systemic Targeted Alpha Therapy for Metastatic Melanoma

Chand Raja<sup>1</sup>  
 Peter Graham<sup>3</sup>  
 Syed M. Abbas Rizvi<sup>1</sup>  
 Emma Song<sup>1</sup>  
 Helen Goldsmith<sup>2</sup>  
 John Thompson<sup>4</sup>  
 Anja Bosserhoff<sup>5</sup>  
 Alfred Morgenstern<sup>6</sup>  
 Christos Apostolidis<sup>6</sup>  
 John Kearsley<sup>3</sup>  
 Ralph Reisfeld<sup>7</sup>  
 Barry J. Allen<sup>1,8,\*</sup>

<sup>1</sup>CERO and <sup>2</sup>CTU; <sup>3</sup>Division of Cancer Services; St. (Australia)  
<sup>4</sup>Sydney Melanoma Unit; Royal Prince Alfred Hospital of Sydney, Sydney, Australia  
<sup>5</sup>Universität Regensburg; Institut für Pathologie; Regensburg, Germany  
<sup>6</sup>European Commission - Joint Research Centre: Institute for Transuranium Elements; Karlsruhe, Germany  
<sup>7</sup>Department of Radiation Therapy, University of California, San Francisco, CA, USA  
<sup>8</sup>Department of Radiation Therapy, University of California, San Francisco, CA, USA

Baseline

8 weeks

nd response of systemic alpha therapy for

elled Phase 1 dose escalation study to estab-  
 ugate <sup>213</sup>Bi-cDTPA-9.2.27 mAb (AIC). Tools  
 examination; imaging of tumors; pathology;  
 onses were assessed using RECIST criteria.  
 is with stage IV melanoma/in-transit metasta-  
 q. Using RECIST criteria 50% showed stable  
 . One patient (6%) showed near complete  
 excellent response to the initial treatment.  
 on mandible and reduction in lung lesions.

ctivity protein (MIA) showed reductions over  
 parity of dose with responders is discussed.  
 administered activities.  
 without any toxicity indicates that targeted  
 afe and effective therapeutic approach for


Roja et al, Cancer Bio Ther, 2007

[illegible]



# 9th Symposium on Targeted Alpha Therapy

May 19-21, Warsaw, Poland




Sang Moo Lim

**Contact**  
Alfred Morgenstern & Jan Schöpf  
Alfred.MORGENSTERN@ec.europa.eu  
jan.schoepflin@ezaq.de


**Date**  
Tuesday May 19, 2015 at 6:00 PM CEST  
-to-  
Thursday May 21, 2015 at 5:00 PM CEST

**Add to Calendar**

**Location**  
Palac Prymasowski  
Primate's Palace ul. Senatorska 13/15  
Warsaw 00-075  
Poland



For further information please visit



The Institute for Transuranium Elements of the European Commission, the Medical University Warsaw and Eckert & Ziegler Eurotope invite you to the 9th Symposium on Targeted Alpha Therapy. The birthplace of Marie Curie will be a great place to exchange about latest developments in radiochemistry and therapy with alpha emitters.

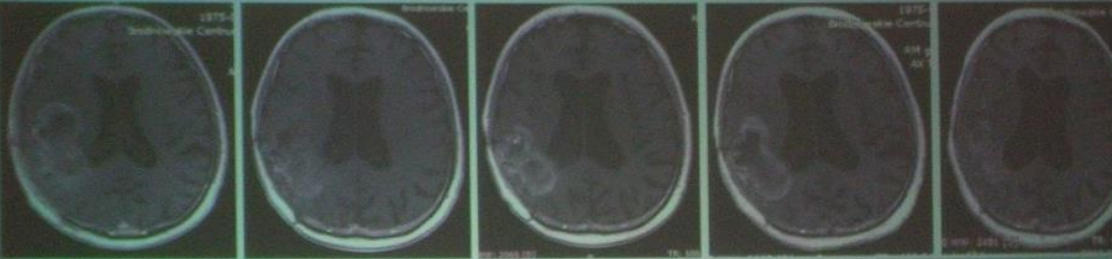
**\*UPDATE\*** The programme is now available [here](#) **\*UPDATE\***

**Poster Dimensions:**




**Patient B: GBM – primary, WHO IV (male, 37 y)**  
**4 cycles, 7.8 GBq total  $^{213}\text{Bi}$ -substance P**

First operation Feb 2012; Progression June 2012; First treatment July 2012; Death Feb 2014




⇒ Resection 4 months after last  $^{213}\text{Bi}$ -therapy  
discloses massive necrosis, few vital tumor cells

**Overall survival: 24 months**  
**Survival after diagnosis**  
**recurrence: 20 months**




## Project of Targeted alpha therapy in KIRAMS



**Project period:** 2017-1-1 ~ continuation

**Project fund:** 3.22 Million USD




Chang Woon Choi

**Objective**

Development of Research Facilities and Optimization of Treatment Technologies for Targeted Alpha Target Therapy

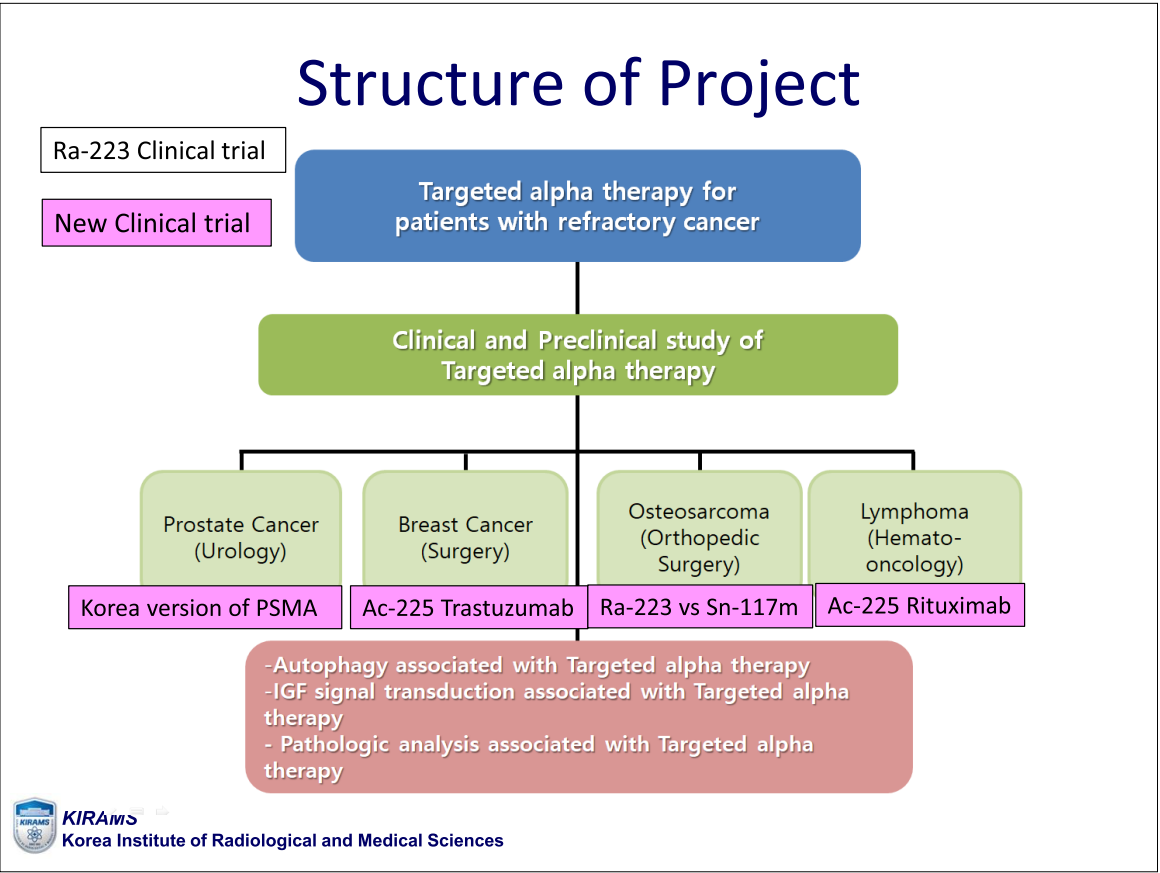
↓

Survival prolongation and improvement of quality of life of patients with refractory cancer



KIRAMS  
Korea Institute of Radiological and Medical Sciences







he JoongAng


오피니언

로그인 | 8

Opinion : 강주안 논설위원이 간다

"아들 고교 때까지만 내가 살았으면..." 독일 병원 찾는 아빠

중앙일보 | 입력 2021.09.07 00:34 | 업데이트 2021.09.07 00:51 | [지면보기](#) | 1



강주안 기자  
중앙일보 논설위원

<정부 규제에, 코로나에 죽음 문턱 몰린 희귀암 환자>



희귀암 환자 황원재(가운데)는 세 살 아들 시운(가운데)과 "아빠 아라"할 때마다 가슴이 마아진다. 정부가 치료제 수입을 허가해 국내서 치료 받기를 희망한다. 강주안 기자

경북 구미에서 대기업에 다니는 황원재(35) 씨에게 큰 소망이 있다. 아들 시운(3)이가 고등학교에 다닐 때까지 살아남아 곁을 지켜주는 것이다.

희귀암 치료 과정을 위해 해외로 간 사람들은 국력의 혼란을 경험한다. 황원재 씨는 말레이시아에 도착해 병원행 택시를 탔는데 기사가 "병원에 왜 가냐"고 물어 "치료받으러 간다"고 하니 "북한에서 왔느냐"고 물었던 일을 떠올렸다. 황준모 씨는 "인도 병원에 가니 혈압 재는 방식부터 수십 년 전 한국 병원을 보는 것 같았다"고 말했다.

비용도 환자들의 고통을 가중한다. 전립선암 투병 중인 남편이 독일에서 두 번 치료를 받은 광 모 씨는 "한 번 갈 때마다 4000만원 넘는 비용이 들었다"면서 "병원비도 비싸지만 독일어를 못하니 추가로 드는 돈이 상당하다"고 했다. 광 씨는 "제가 아는 사람만 4~5명이 독일에 가서 치료받는다"며 "왜 국내에 못 들어오는지 답답하다"고 말했다.



KIRAMS  
Korea Institute of Radiological and Medical Sciences

<https://www.joongang.co.kr/article/25004916#home>

Clinical trials in KIRAMS


Radiopharmaceutical	Disease	Starting year	Application
I-131 rituximab	Lymphoma	2004	CD20 targeted treatment
F-18 florapronol	Alzheimer's Disease	2012	Brain amyloid imaging
Cu-64 ATSM	Cervix cancer	2013	Hypoxia imaging
F-18 fluoro-methyl tyrosine	Brain tumor	2016	Amino acid imaging
Cu-64 DOTA trastuzu mab	Breast cancer	2017	Breast cancer HER2 imaging
Cu-64 NOTA trastuzu mab	Breast cancer	2017	Breast cancer HER2 imaging
F-18 florastamin	Prostate cancer	2019	PSMA imaging
Cu-64 DOTA rituximab	Lymphoma	2021	CD20 imaging



KIRAMS  
Korea Institute of Radiological and Medical Sciences

Medical Cyclotrons in KIRAMS (now)

Energy (Proton beam)	Producer	Beam	Target Isotopes
50 MeV	Scantronix (1985)	Alpha Deuteron Proton	<sup>64</sup> Cu (PET), <sup>124</sup> I (PET), <sup>89</sup> Zr(PET), <sup>18</sup> F (PET)
30 MeV	IBA (2000)	Proton	<sup>18</sup> F(PET), <sup>11</sup> C(PET), <sup>123</sup> I(SPECT), <sup>201</sup> Tl(SPECT)
16.5 MeV	GE (2018)	Deuteron Proton	<sup>18</sup> F(PET), <sup>11</sup> C(PET)




KIRAMS  
Korea Institute of Radiological and Medical Sciences

20

Radiopharmaceuticals under development in KIRAMS

Radiopharmaceutical	Disease	Application
Ac-225 DOTATATE	Neuroendocrine tumor	SSTR targeted treatment
Ac-225 PSMA	Prostate cancer	PSMA targeted treatment
Ac-225 DOTA rituximab	Lymphoma	CD20 targeted treatment
F-18 FFNP	Breast cancer	Progesterone imaging
At-211 PSMA	Prostate cancer	PSMA targeted treatment
At-211 octreotide	Neuroendocrine tumor	SSTR targeted treatment
Cu-64 DOTA atezolizum ab	Diverse cancers	PD-L1 imaging



KIRAMS  
Korea Institute of Radiological and Medical Sciences

84

85

# 연구자 임상시험

## 1. 신경 내분비 종양 대상 임상시험

제목; 신경 내분비 종양 환자에서 Ac-225 DOTATATE 치료를 적용하기 위한 연구자 임상시험

약제; Ac-225 DOTATATE  
적응증; 기존 치료에 불응한 신경내분비 종양

## 2. 전립선암 대상 임상시험

제목; 호르몬 치료 불응 전립선암 환자에서 Ac-225 PSMA I&T 치료를 적용하기 위한 연구자 임상시험

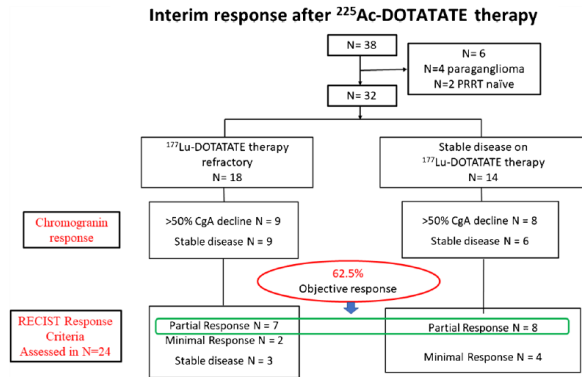
약제; Ac-225 PSMA I&T  
적응증; 기존 치료에 불응한 전립선암

ORIGINAL ARTICLE

Check for updates

Broadening horizons with <sup>225</sup>Ac-DOTATATE targeted alpha therapy for gastroenteropancreatic neuroendocrine tumour patients stable or refractory to <sup>177</sup>Lu-DOTATATE PRRT: first clinical experience on the efficacy and safety

Sanjana Ballal<sup>1</sup> · Madhav Prasad Yadav<sup>1</sup> · Chandrasekhar Bal<sup>1</sup> · Ranjit Kumar Sahoo<sup>2</sup> · Madhavi Tripathi<sup>1</sup>



- All India Institute of Medical Sciences
- N = 32
  - Metastatic GEP-NET
- Ac-225 DOTATATE
  - 100 kBq/kg
- Morphologic assess
  - PR 15/24

European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (2020) 47:934–946  
<https://doi.org/10.1007/s00259-019-04561-2>

ORIGINAL ARTICLE

Broadening horizons with <sup>225</sup>Ac-DOTATATE targeted alpha therapy for gastroenteropancreatic neuroendocrine tumour patients stable or refractory to <sup>177</sup>Lu-DOTATATE PRRT: first clinical experience on the efficacy and safety

Sanjana Ballal<sup>1</sup> · Madhav Prasad Yadav<sup>1</sup> · Chandrasekhar Bal<sup>1</sup> · Ranjit Kumar Sahoo<sup>2</sup> · Madhavi Tripathi<sup>1</sup>

Received: 19 June 2019 / Accepted: 2 October 2019 / Published online: 10 November 2019  
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2019

**Abstract** Purpose The objective of this study was to investigate and present the early results on the efficacy, safety, and quality of life of <sup>225</sup>Ac-DOTATATE targeted alpha therapy (TAT) in patients with advanced, progressive, <sup>177</sup>Lu-DOTATATE refractory, and somatostatin receptor (SSTR) expressing metastatic GEP-NETs.

**Methods** In this prospective study, we recruited patients with metastatic GEP-NETs who were stable or progressive disease on <sup>177</sup>Lu-DOTATATE therapy. Systemic TAT using <sup>225</sup>Ac-DOTATATE was performed in all the patients with <sup>225</sup>Ac-DOTATATE (100 kBq/kg body weight) at an interval of 8 weeks. The primary end point was to assess the objective response (measured by RECIST 1.1 and functional M.D. Anderson criteria). The secondary end points included biochemical response assessment as per the Italian Trials in Medical Oncology (ITMO), adverse event profile as per CTCAE v5.0, and clinical response assessment by the quality of life (assessed with EORTC QLQ-GI.NET21 patient-based questionnaire).

**Results** Between April 2018 and March 2019, 32 patients (17 females, 15 males, mean age 52 ± 9.2 years, 35–72 years) with either stable disease after completing <sup>177</sup>Lu-DOTATATE therapy (14, 44%) or progressive disease on <sup>177</sup>Lu-DOTATATE therapy (18, 56%) were included in the study. The morphological response was assessed in 24/32 patients that revealed partial remission in 15 and stable disease in 9. There was no documented disease progression or deaths in the median follow-up of 8 months (range 2–13 months). There was a significant decrease in the plasma chromogranin level post-<sup>225</sup>Ac-DOTATATE therapy ( $P < 0.0001$ ).

**Conclusion** Our short-term clinical results indicate <sup>225</sup>Ac-DOTATATE TAT as a promising treatment option which adds a new dimension in patients who are refractory to <sup>177</sup>Lu-DOTATATE therapy or have reached the maximum prescribed cycles of <sup>177</sup>Lu-DOTATATE therapy.

**Keywords** <sup>225</sup>Ac-DOTATATE therapy · Targeted alpha therapy · GEP-NET

This article is part of the Topical Collection on Oncology – General  
Sanjana Ballal and Madhav Prasad Yadav contributed equally to this work.

The work has been presented as an oral presentation at the SNMMI 2019 and was nominated for the Oncology Clinical Therapy and Diagnosis Center for Therapy Excellence YIA Symposium. It was judged and received the first place for the Young Investigator Award Center for Therapy Excellence.  
Sanjana Ballal, Madhav Yadav, and Chandrasekhar Bal. Early results of <sup>225</sup>Ac-DOTATATE Targeted Alpha Therapy in Metastatic Gastroenteropancreatic Neuroendocrine Tumours: First Clinical Experience on Safety and Efficacy. J Nucl Med 2019 60:74

Chandrasekhar Bal  
cbal@hotmail.com

Journal of Nuclear Medicine, published on October 2, 2020 as doi:10.2967/jnumed.120.261017

First clinical results for PSMA targeted alpha therapy using <sup>225</sup>Ac-PSMA-I&T in advanced mCRPC patients

Mathias Johannes Zacherl<sup>1</sup>; Franz Josef Gildehaus<sup>1</sup>; Lena Mittmeier<sup>1</sup>; Guido Böning<sup>1</sup>; Astrid Gosewisch<sup>1</sup>; Vera Wenter<sup>1</sup>; Marcus Unterrainer<sup>1,2</sup>; Nina Schmidt-Hogemann<sup>2</sup>; Claus Belka<sup>2</sup>; Alexander Kretschmer<sup>2</sup>; Jozefina Casuscelli<sup>2</sup>; Christian G. Stief<sup>2</sup>; Marcus Unterrainer<sup>1,4</sup>; Peter Bartenstein<sup>1</sup>; Andrei Todica<sup>1</sup>; Harun Ilhan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Nuclear Medicine, University Hospital, LMU Munich, Munich, Germany

<sup>2</sup> Department of Radiation Oncology, University Hospital, LMU Munich, Munich, Germany

<sup>3</sup> Department of Urology, University Hospital, LMU Munich, Munich, Germany

<sup>4</sup> Department of Radiology, University Hospital, LMU Munich, Munich, Germany

# corresponding author:

Harun Ilhan

Department of Nuclear Medicine

University Hospital

LMU Munich

Marchioninistraße 15

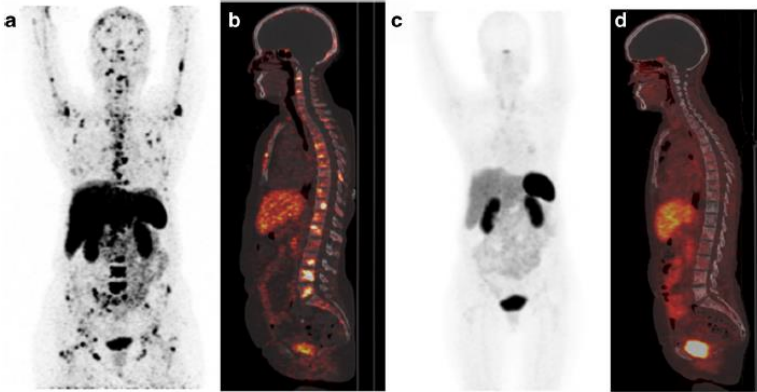
81377 Munich

Germany

E-mail: harun.ilhan@med.uni-muenchen.de

Running title: <sup>225</sup>Ac-PSMA-I&T TAT for mCRPC

# Ac-225 DOTATATE therapy for Neuroendocrine tumor



Baseline <sup>68</sup>Ga-DOTANOC PET/CT MIP and sagittal image

Post 2 cycles of <sup>225</sup>Ac-DOTATATE therapy, Interim <sup>68</sup>Ga-DOTANOC PET/CT MIP and sagittal image

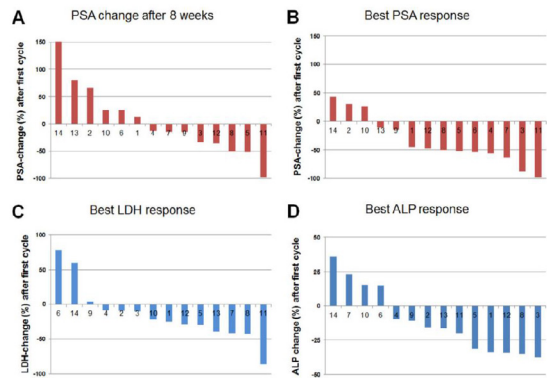
Fig. 3 A 54-year-old female diagnosed with rectal NET had undergone 12 injections of sandostatin LAR as the first-line treatment and demonstrated disease progression after 4 cycles of <sup>177</sup>Lu-DOTATATE PRRT and capecitabine. The baseline pre-therapy diagnostic <sup>68</sup>Ga-DOTANOC PET/CT scan [a MIP image, b fused sagittal image] demonstrated somatostatin

receptor (SSTR) avid extensive skeletal metastases. Post 2 cycles of <sup>225</sup>Ac-DOTATATE therapy, the interim diagnostic <sup>68</sup>Ga-DOTANOC PET/CT scan showed partial morphological response and molecular response [c MIP image, d fused sagittal image]



# First clinical results for PSMA targeted alpha therapy using Ac-225-PSMA-I&T in advanced mCRPC patients

**Figure 1:** Waterfall plots of PSA, LDH and ALP response after TAT using 225Ac-PSMA-I&T. (A) and (B) describe the PSA changes after 8 weeks and best PSA response after the first TAT cycle. (C) and (D) describe best LDH and ALP response after a median of 2 TAT cycles.



- Ludwig-Maximilians-Universität München
- N = 14
  - advanced metastatic castration resistant prostate cancer
- Ac-225 PSMA I&T
  - 100 kBq/kg
- Tx response
  - PSA decline 11/14
  - PSA decline >50% 7/14

## Ac-225 현황

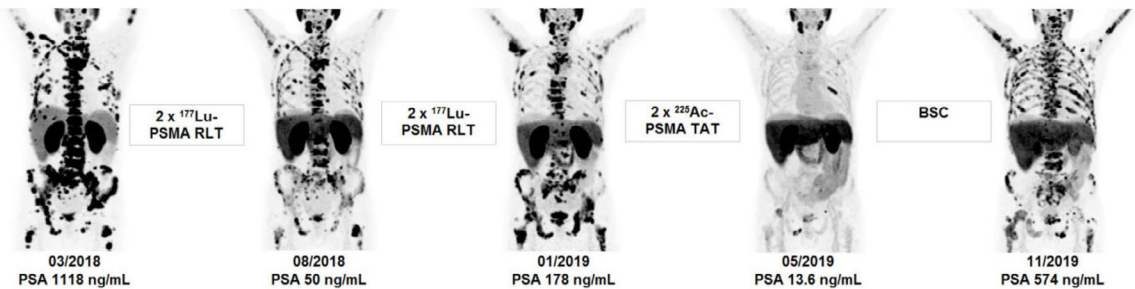
### 상업적

- 구매 가격
  - 3000만원/1회 분
- 독일 회사
  - ITM Medical Isotopes GmbH

### 연구용

- 2개월에 한번
- 공급량
  - 회당 약 3 mCi
- 최근 Covid-19으로 공급에 제한이 있음.

# 79 year old mCRPC patient (patient 11) with lymphatic and bone metastases.



## 전임상 자료 논의

- 생물학적 평가
  - 간소화
  - 정상 마우스에서의 Ac-225 표지 의약품의 분포 및 선량 평가
- 구조결정 물리화학적 및 생물학적 성질에 관한 자료(위약포함)
  - 기존 small molecule 방사성의약품 기준



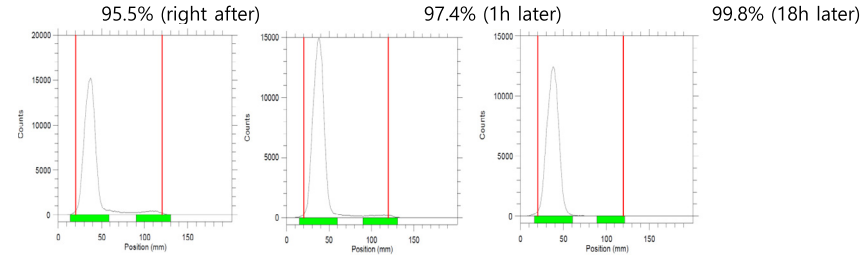
PSMA-I&T labeling with Ac-225

Labeling method:

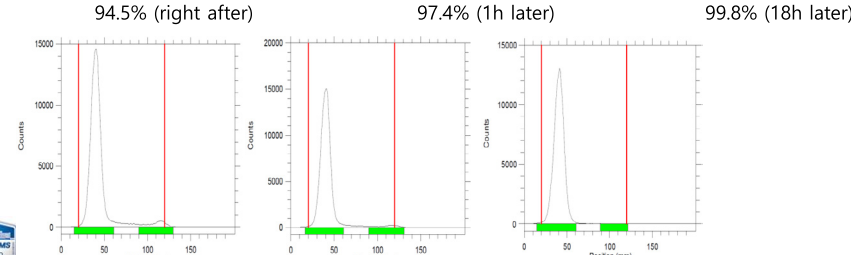
- PSMA I&T 144  $\mu\text{g}$  (in 240  $\mu\text{L}$  of 0.1 M Tris buffer, pH 9), deionized water (64  $\mu\text{L}$ ), ascorbate solution (160  $\mu\text{L}$ , pH 5.5) and Ac-225 (324  $\mu\text{Ci}$ , 7.3  $\mu\text{L}$  of 0.1 M HCl) were sequentially added into ep tube
- The mixture was reacted at 95  $^{\circ}\text{C}$  for 10 min
- After the reaction, ascorbate solution (400  $\mu\text{L}$ , pH 5.5) and DTPA (12  $\mu\text{L}$ , 4 mg/mL) were added
- Radiolabeling efficiency was checked using radio-TLC (solvent: 0.5 M sodium citrate, pH 5)

Result:

- 1<sup>st</sup> batch



- 2<sup>nd</sup> batch

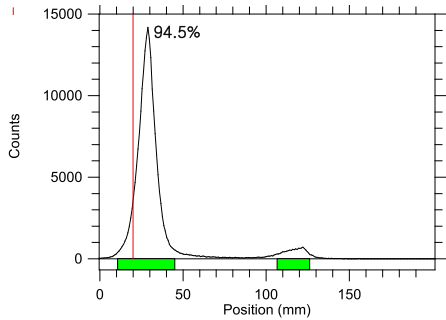
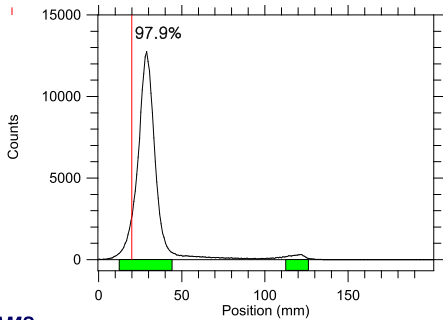


Courtesy of Dr. KangCS

Results

시험항목	기준	결과
성상	연한 노란빛의 맑은 액	적합
함량	방사능 90~110%	100.3%
반감기	Ac-225 9.92일 (8.93~10.91 일)	10.2
pH	4.5 - 8.5	5
방사화학적이물	$\geq$ 총 방사능의 95%	95%
방사성핵종순도	Fr-221: 218 keV, Bi-213: 440 keV	적합
엔도톡신시험	$\leq$ 1 mL당 175/V	적합
무균시험	균이 검출되지 않음	시험 중*

\* 21.11.10. 현재 균이 검출되지 않음.



합성 직후 찍은 결과를 1 시간 후 다시 스캔한 radio-TLC 결과

Courtesy of Dr. KimHJ

2021-11-30 KFDA Meeting  
2022-9-6 KFDA submission  
2022-11-14 KFDA approval

KFDA approval



I. 신경 내분비 종양

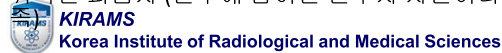
9. 피험자의 선정기준, 제외기준, 목표한 피험자의 수 및 그 근거

9.1 선정기준

- 수술할 수 없거나 전이가 있는 신경내분비 종양환자로 조직학적으로 확인된 환자
- 기존의 화학요법, 소마토스타틴 유사체 치료 또는 <sup>177</sup>Lu-DOTATATE 치료에 저항을 보이거나, 질병의 진행이 보이는 환자
- 소마토스타틴 수용체 영상 (<sup>68</sup>Ga-DOTATOC PET/CT 스캔 또는 <sup>111</sup>In-Octreotide 스캔)에서 유의한 소마토스타틴 수용체의 발현을 보이는 종양이 확인된 자 (uptake>liver)
- 임상시험 등록 전에 시험의 목적, 내용, 시험약의 특징 등에 대해 시험담당자로부터 충분히 설명을 듣고, 동의서에 본인 또는 보호자나 법정대리인이 서명한 피험자
- 19세에서 80세까지의 환자
- Eastern Cooperative Oncology Group (ECOG) 점수 ≤2
- 생존기간이 적어도 6개월 이상으로 예상되는 자
- 혈액검사에서 아래 조건을 만족하는 자  
혈소판수(PLT) ≥ 75,000/μL  
혈색소(Hemoglobin) ≥ 9.5 g/dL  
혈청 크레아티닌 ≤1.4mg/dL  
혈청 빌리루빈 ≤3mg%  
사구체여과율(GFR) >60mL/min

9.2 제외기준

시험자에 의해 심각한 내과적 질환으로 임상시험 수행이 어렵다고 판단된 자  
<sup>225</sup>Ac-DOTATATE 치료전 72시간에 속효성 SSA 치료를 받거나, 4주전에 지속형 SSA 치료를 받은 환자.  
시험자에 의해 PET 또는 SPECT 촬영이 어려운 정신질환이 있다고 판단된 자  
본 임상시험 등록 이후부터 종료시까지 <sup>225</sup>Ac-DOTATATE 정맥주사에 따른 안정성 평가에 영향을 줄 수 있는 타 임상시험에 참여한 자 (예를 들어, 임상시험 등록 이후부터 종료시까지 임상시험용 의약품 투여 받지 않고 단순히 추적관찰 위주로 진행되는 코호트임상시험의 경우에는 참여가능)  
시험자에 의해 본 임상시험 참여에 적합하지 않다고 판단한 자  
취약한 피험자 (연구에 참여한 연구자 자신이나 가족, 연구에 참여한 연구자의 연구원이나 학생, 피험자의 가



II. 전립선암

9. 피험자의 선정기준, 제외기준, 목표한 피험자의 수 및 그 근거

9.1 선정기준

- 조직병리검사 또는 세포학 검사에서 확진된 전립선암을 가진 환자
- PSMA PET/CT에서 섭취를 보이는 병변이 확인된 환자.
- 혈중 testosterone level이 거세 기준(<50 ng/dL)에 해당하는 환자
- 표준치료법에 실패했거나 더 이상 표준치료법이 부재한 진행성 전이성 거세저항 전립선암 환자
- 남성호르몬 박탈요법(androgen deprivation therapy: ADT)을 유지하고 있는 자
- 임상시험 등록 전에 시험의 목적, 내용, 시험약의 특징 등에 대해 시험 담당자로부터 충분히 설명을 듣고, 동의서에 본인 또는 보호자나 법정대리인이 서명한 피험자
- 19세에서 80세까지의 환자
- Eastern Cooperative Oncology Group (ECOG) 점수 ≤2
- 생존기간이 적어도 6개월 이상으로 예상되는 자
- 혈액검사에서 아래 조건을 만족하는 자  
혈소판수(PLT) ≥ 75,000/ μL  
혈색소(Hemoglobin) ≥ 9.5 g/dL  
혈청 크레아티닌 ≤1.4mg/dL  
혈청 빌리루빈 ≤3mg%  
사구체여과율(GFR) >60mL/min

9.2 제외기준

시험자에 의해 심각한 내과적 질환으로 임상시험 수행이 어렵다고 판단된 자  
Ac-225 PSMA I&T 치료 4주 이내에 전립선암 치료를 위해 항암화학요법, 생물학적요법 또는 면역요법 등을 받은 환자  
시험자에 의해 PET 촬영이 어려운 정신질환이 있다고 판단된 자  
본 임상시험 등록 이후부터 종료시까지 Ac-225 PSMA I&T 정맥주사에 따른 안정성 평가에 영향을 줄 수 있는 타 임상시험에 참여한 자 (예를 들어, 임상시험 등록 이후부터 종료시까지 임상시험용 의약품 투여 받지 않고 단순히 추적관찰 위주로 진행되는 코호트임상시험의 경우에는 참여가능)  
시험자에 의해 본 임상시험 참여에 적합하지 않다고 판단한 자  
취약한 피험자 (연구에 참여한 연구자 자신이나 가족, 연구에 참여한 연구자의 연구원이나 학생, 피험자의 가족)  
파트너가 가임 여성인 경우, 임상시험 기간 및 임상시험용 의약품 투여종료 후 최소 3개월 이상 금욕하거나 적절한 피임법을 사용할 의사가 없는 환자



국제 : 미국

빌 게이츠 꿈 실현하는 ‘그곳’... 美테라파워 S MR 개발 현장 가보니[르포]

중앙일보 | 입력 2023.07.23 08:00 업데이트 2023.07.23 18:13

김형규 기자

구독



테라파워는 어느 SMR 기업과 차별화된 영역이 악티늄-225 생산 분야라고 설명했다. SMR 개발과 시스템 구축엔 적지않은 기간이 걸리는 만큼 상용화 속도가 빠르면서 원자로 개발과 비슷해 시너지 효과를 낼 수 있는 치료용 방사성 동위원소 사업을 전략사업으로 설정했다는 것이다.

지난 14일(현지시간) 미국 워싱턴주에 있는 차세대 소형모듈원자로(SMR) 기업 테라파워의 에버렛연구소에서 연구소 직원들이 소듐냉각재 시설의 작동 상태를 살펴보고 있다. 사진 테라파워



Acknowledgment

Korea Institute of Radiological and Medical Sciences (KIRAMS)

Korea Cancer Center Hospital

Hye Jin Kang  
Kang Hyun Song  
Hyun-Ah Kim  
Chang Bae Kong  
Woo Chul Noh  
Min Ki Sung  
Seung Sook Lee  
Hye Sil Sul  
Sun Ah Chang



Molecular Imaging Research Center

Seri Park  
Vinod Nagarajan  
Chul Hee Lee  
Chi Soo Kang  
Chung Mo Kang  
Sang Keun Woo  
Duk il Kim  
Byung Soo Kim  
Kwang Il Kim  
Jong Gook Kim  
Yong Jin Lee  
Kyo Chul Lee  
Joo Hyun Kang

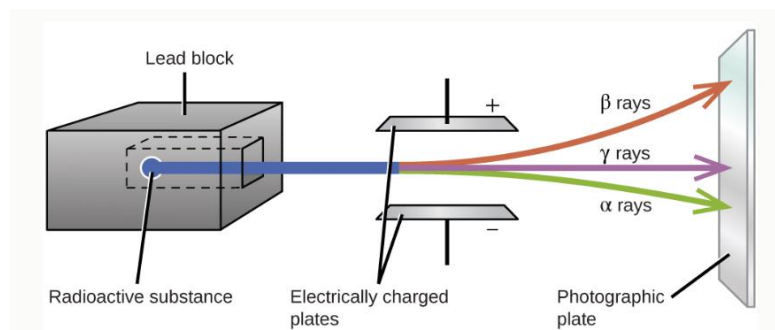
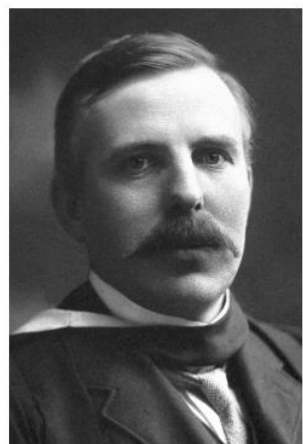
Korea Cancer Center Hospital

Department of Nuclear Medicine

Inki Lee  
Byung Hyun Byun  
Byung Il Kim  
Chang Woon Choi  
Sang Moo Lim







*If I have seen further it is by standing on the shoulders of Giants.*

— **Isaac Newton (1642–1727)**

5

## 방사선의 의학적이용: 방사선치료(방사선종양학)

우흥균 (대한방사선종양학회장)



**우 홍 균**  
대한방사선종양학회장

■ 학력

- 1983 ~ 1990 서울대학교 의과대학 의학사
- 1995 ~ 1998 서울대학교 대학원 의학석사 치료방사선과학 전공
- 1998 ~ 2001 서울대학교 대학원 의학박사 치료방사선과학 전공

■ 경력

- 1990 ~ 1991 서울대학교병원 수련의
- 1991 ~ 1991 군복무 육군 중위
- 1993 ~ 1997 서울대학교병원 치료방사선과 전공의
- 1997 ~ 1998 삼성서울병원 치료방사선과 전임의
- 1998 ~ 2001 서울대학교 의과대학 전임강사
- 2001 ~ 2002 Vanderbilt University Research fellow
- 2001 ~ 2005 서울대학교 의과대학 조교수
- 2005 ~ 2010 서울대학교 의과대학 부교수
- 2010 ~ 현재 서울대학교 의과대학 교수
- 2012 ~ 2020 서울대학교 의과대학 방사선종양학교실 주임교수
- 2012 ~ 2020 서울대학교병원 방사선종양학과 과장
- 2017 ~ 2018 서울대학교 의학연구원 방사선의학연구소 소장
- 2016 ~ 2017 서울대학교병원 대외협력실장
- 2017 ~ 현재 서울대학교병원 중입자가속기구축사업단 단장

방사선의 의학적 이용:  
방사선치료 (방사선종양학)



우홍균

서울대학교 의과대학 방사선종양학교실 교수  
서울대학교병원 암진료부원장, 중입자가속기사업단 단장  
대한방사선종양학회 회장

방사선 의학

영상의학

방사선종양학

핵의학



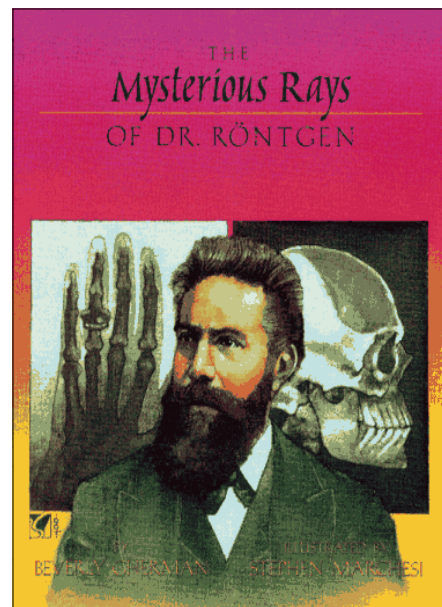
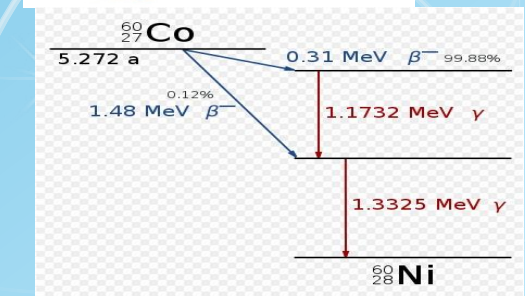
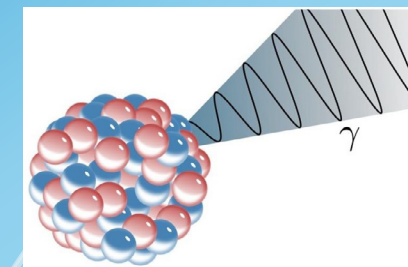
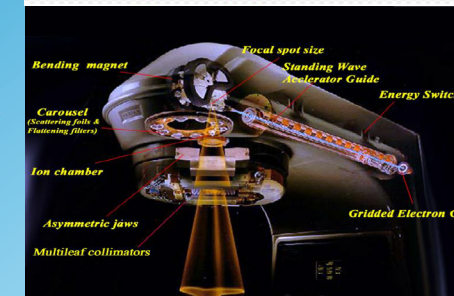
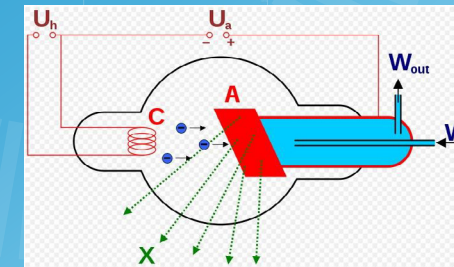
## What is radiotherapy? (Radiation Oncology)

- ❖ Radiotherapy is a clinical modality dealing with the use of ionizing radiations in treatment of patients with malignant disease (and occasionally benign disease).
- ❖ The aim of radiotherapy is to deliver a precisely measured dose of radiation to a defined tumor volume with as minimal as possible damage to surrounding healthy tissue.
- ❖ This results in eradication of tumor, a high quality of life, and prolongation of survival.

## X-선과 $\gamma$ -선

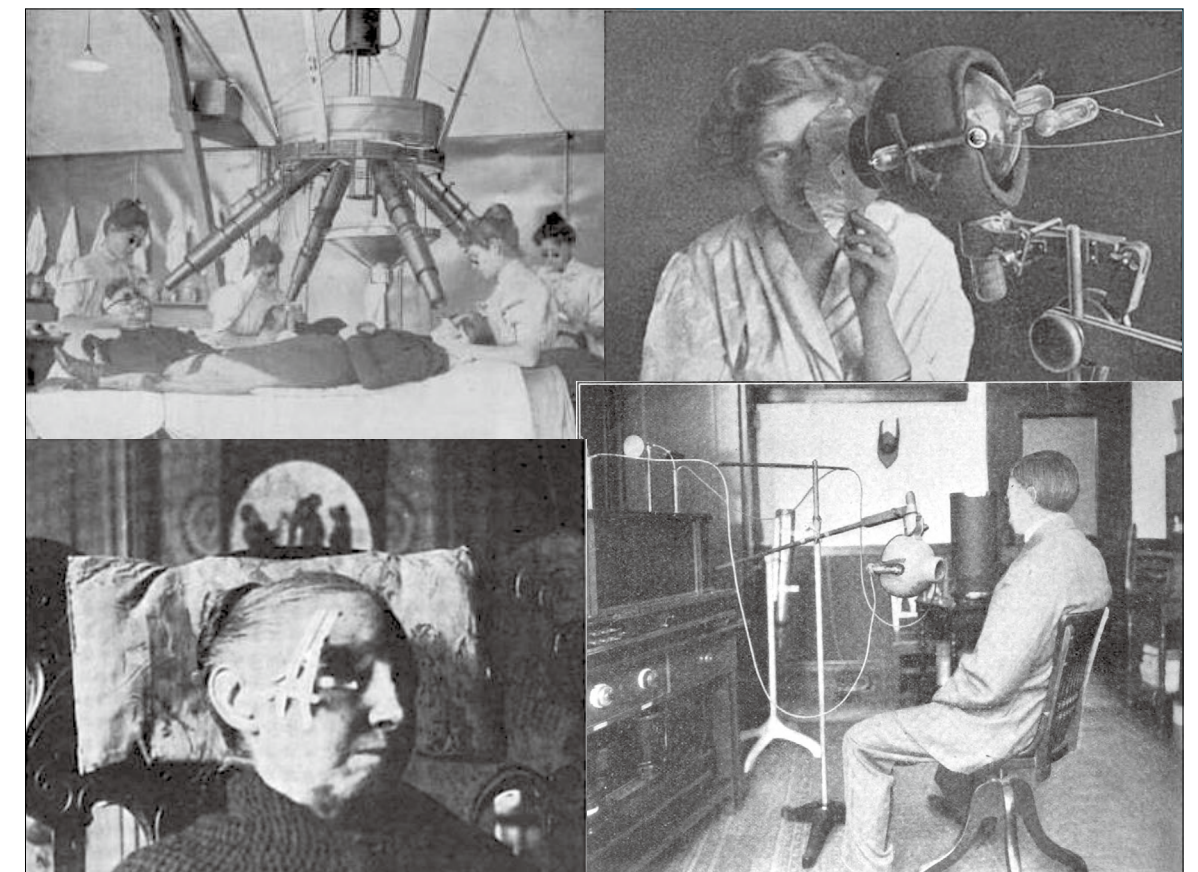
❖발생원의 차이

❖동등한 물리학적 성질 및 생물학적 효과

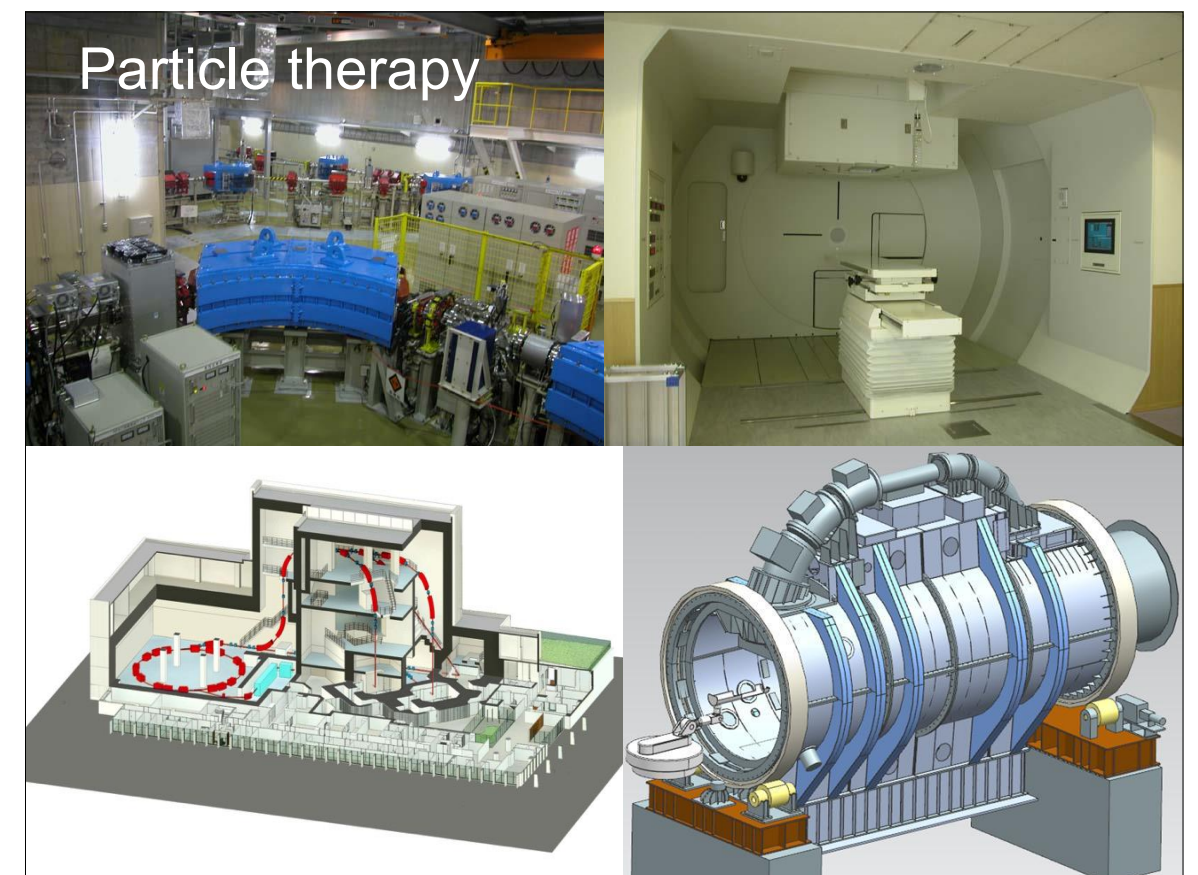
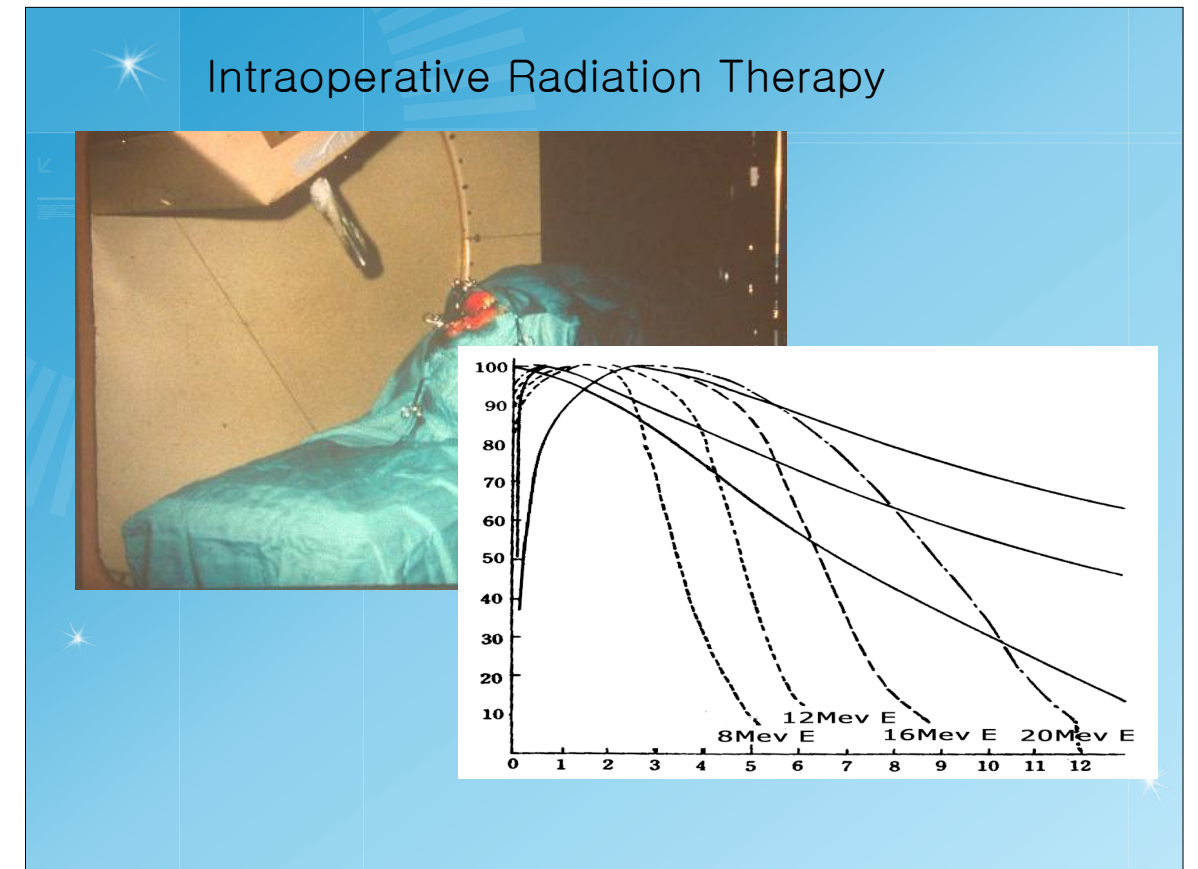
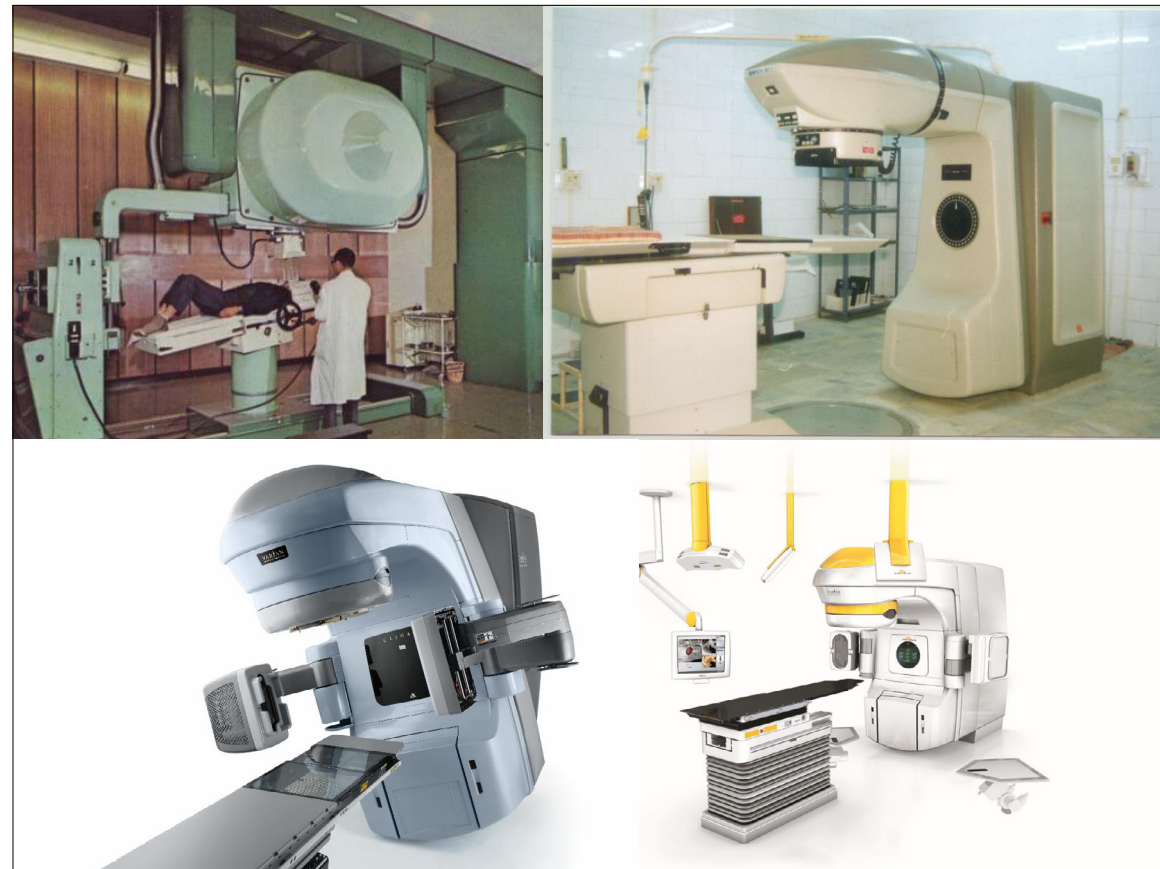


Emil Grubbe

Claude Regaude



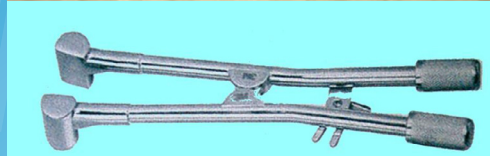






# Brachytherapy: Intracavitary radiation therapy

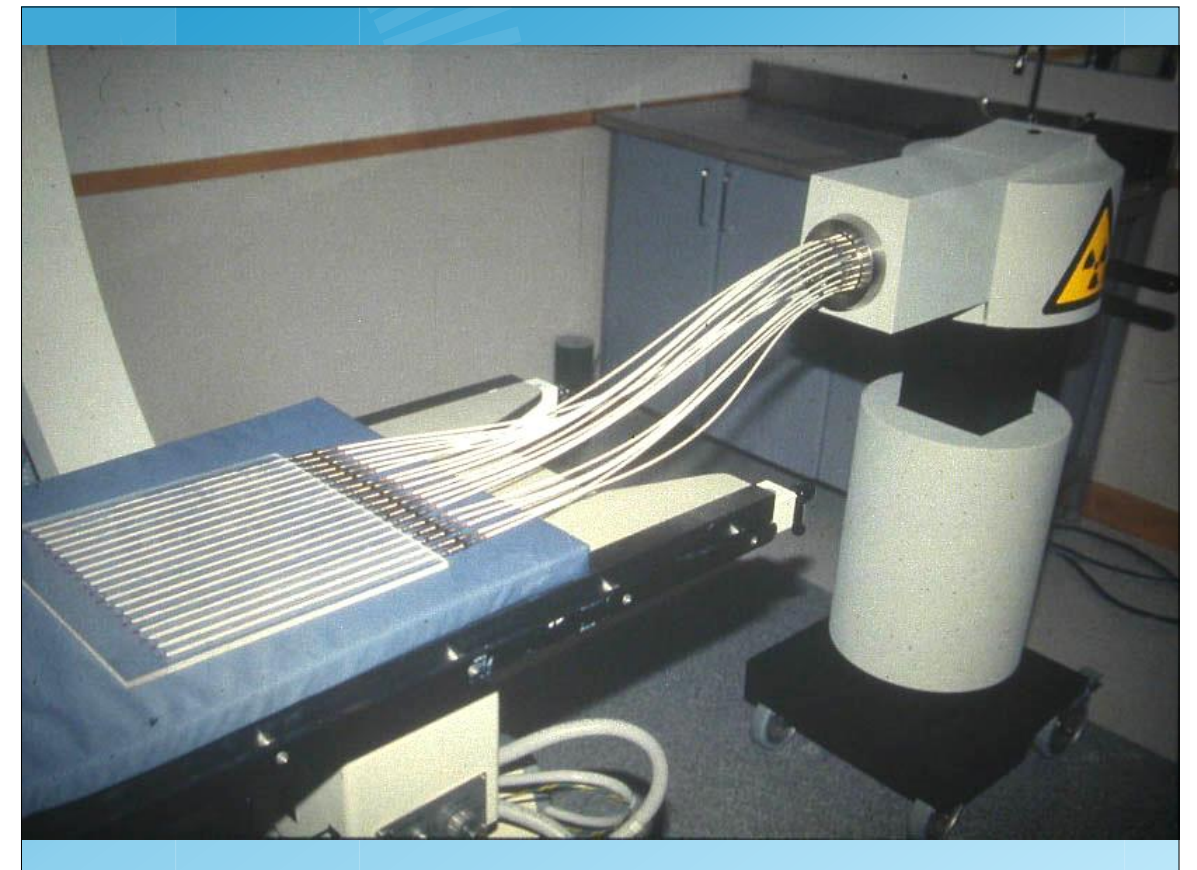
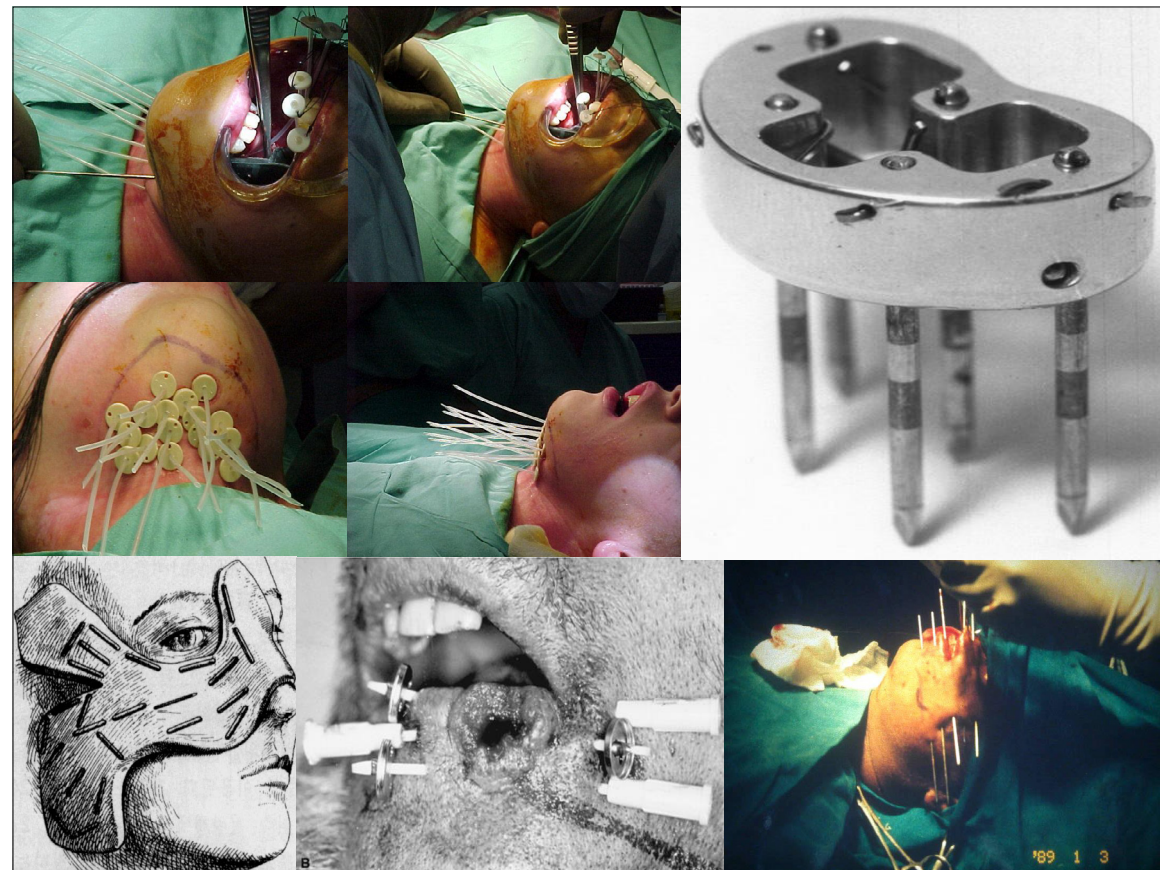
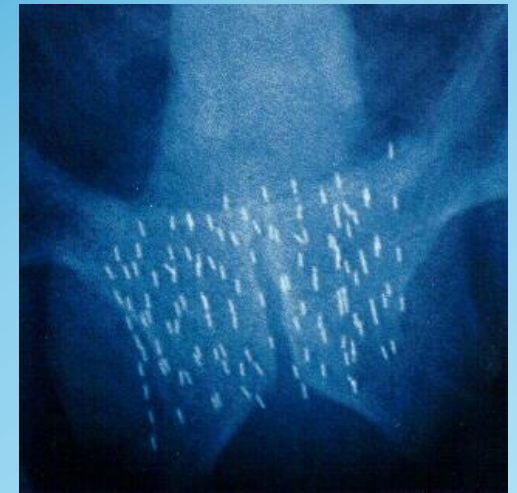
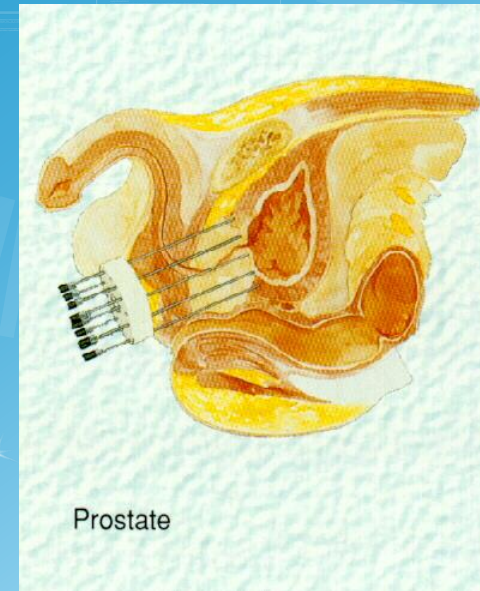
Tandem



Ovoid

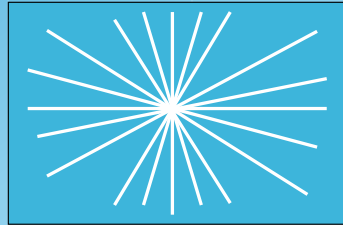
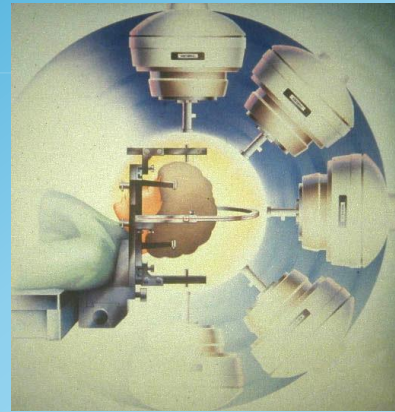
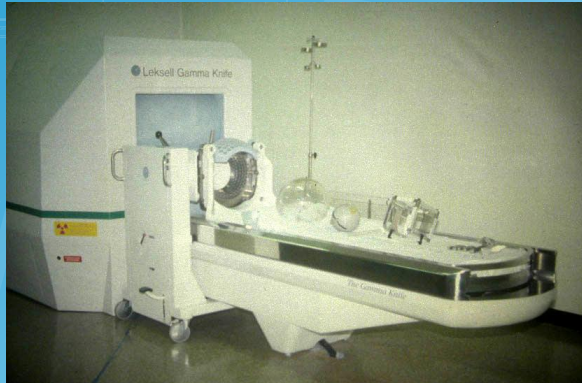


# Brachytherapy

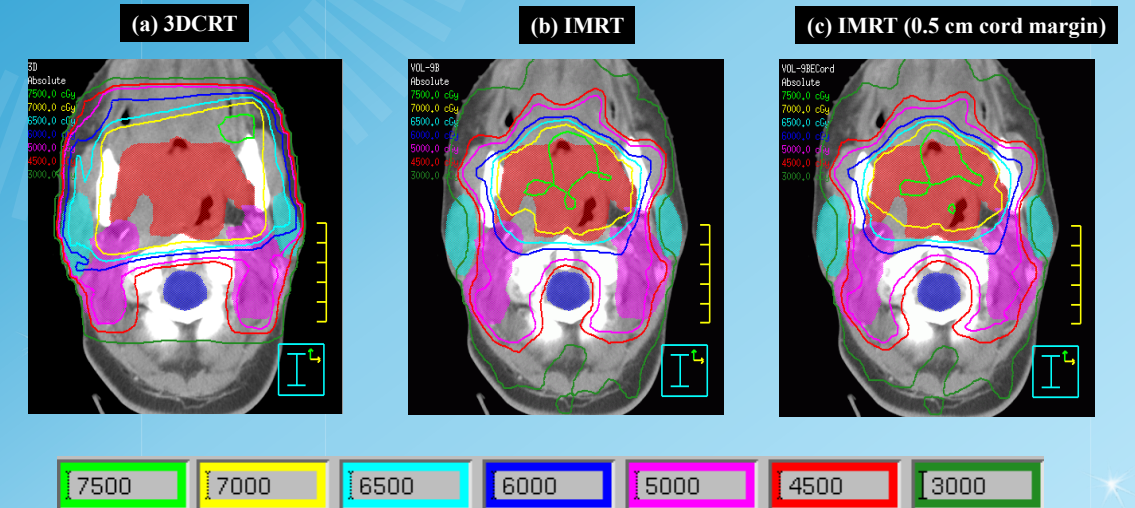




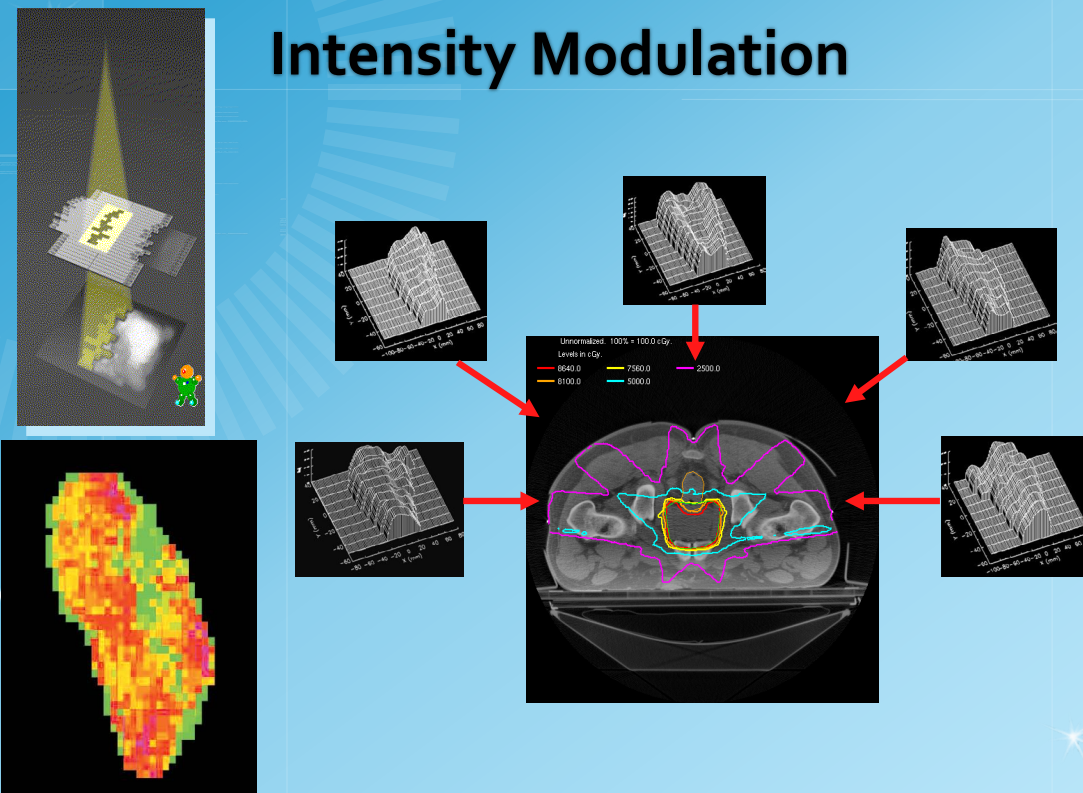
## Stereotactic Radio-Surgery Fractionated Stereotactic RT



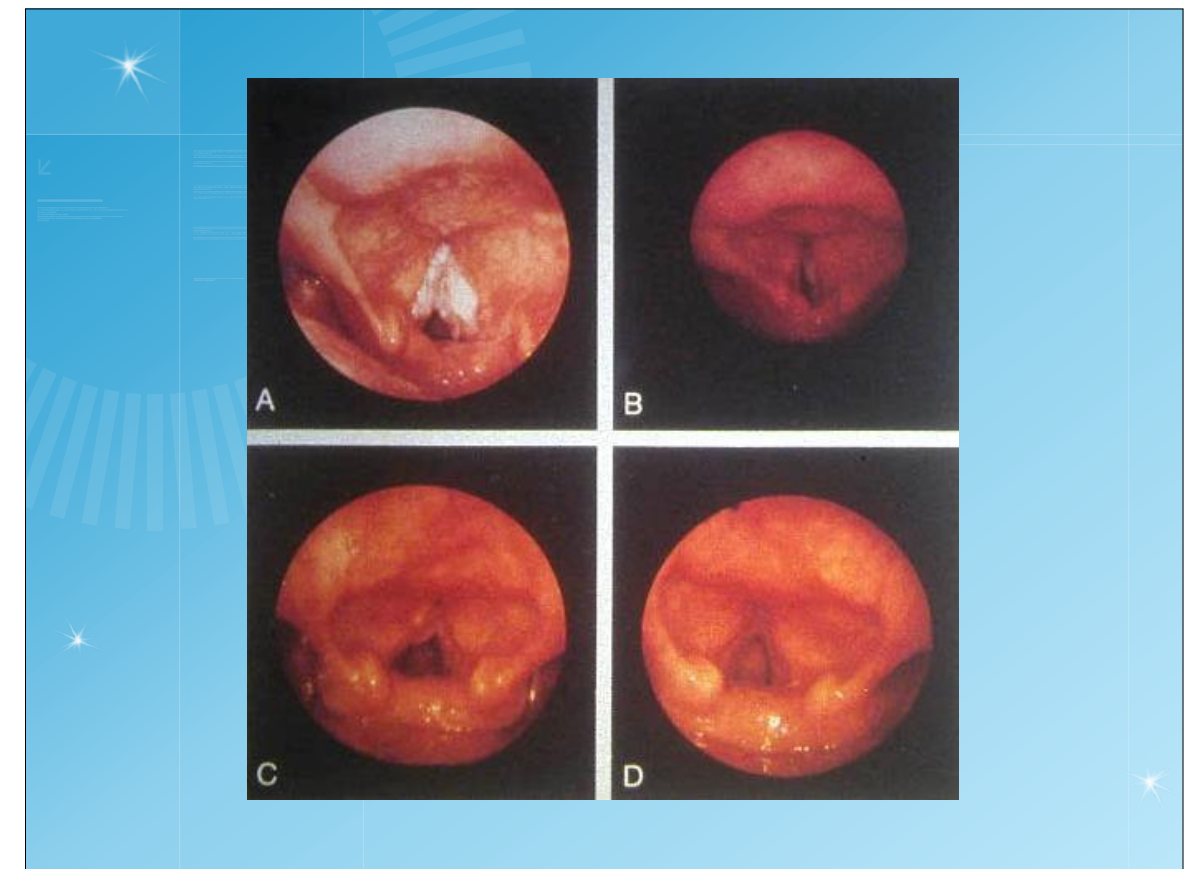
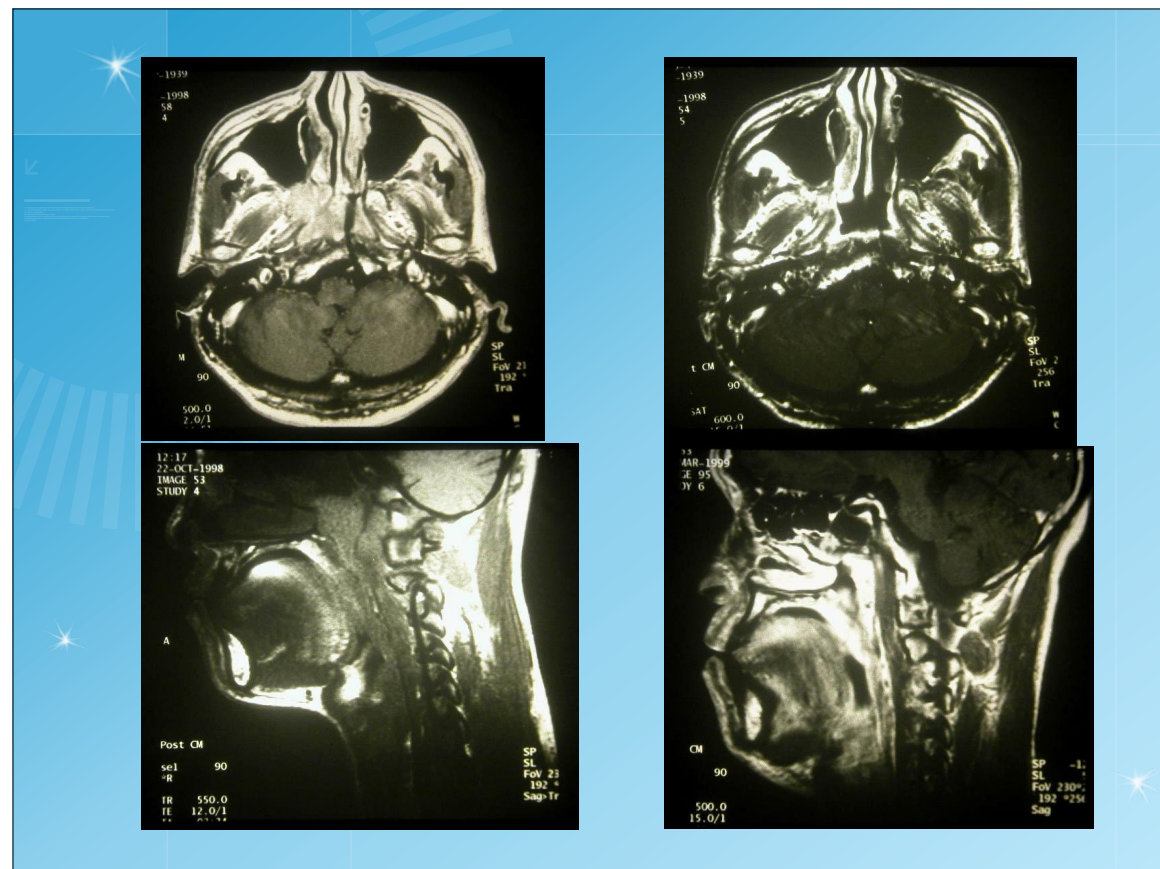
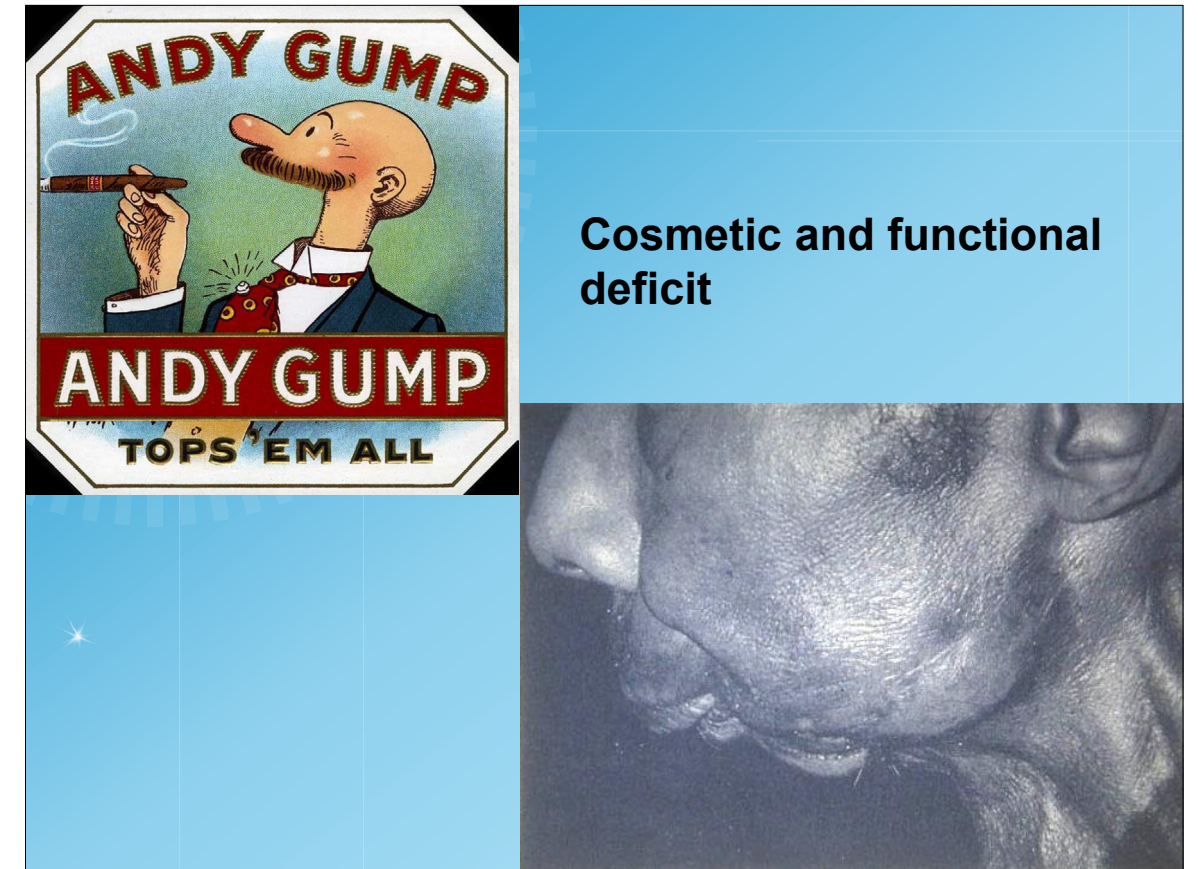
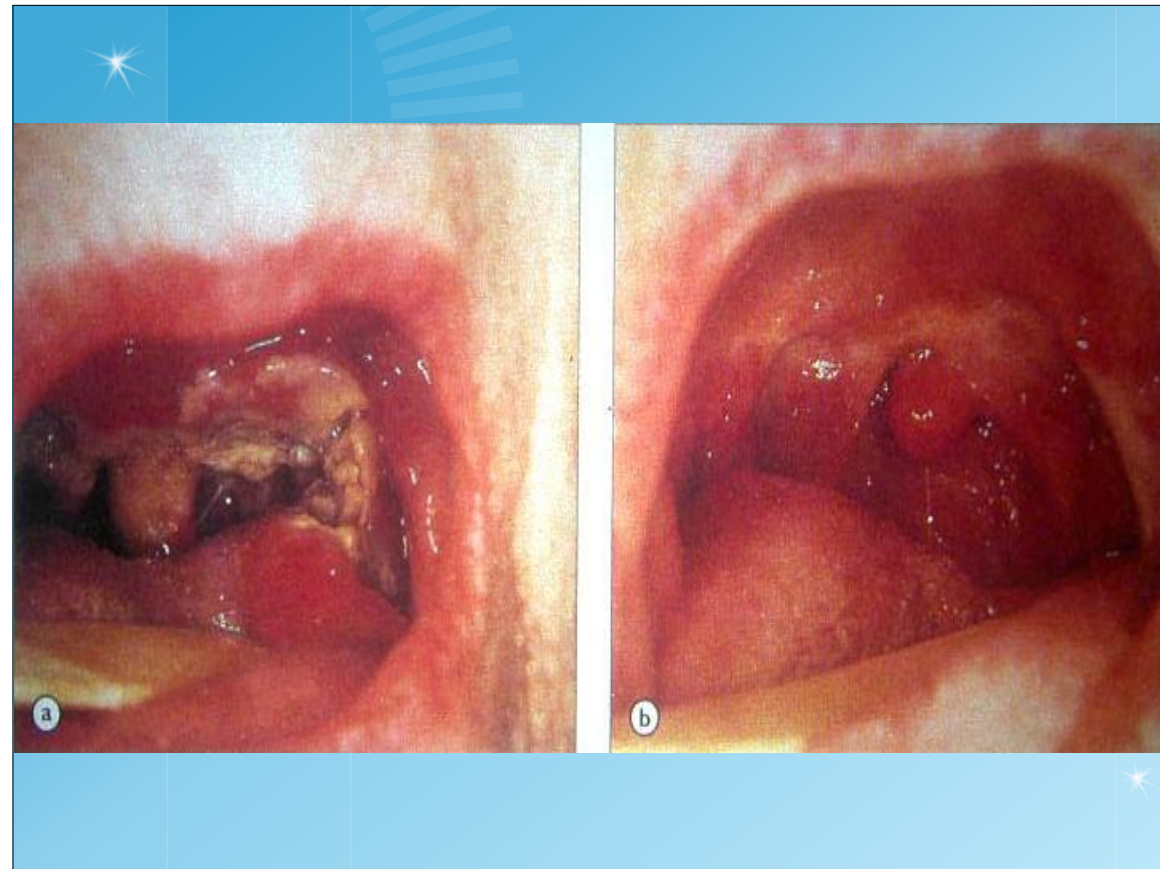
## Head and Neck IMRT



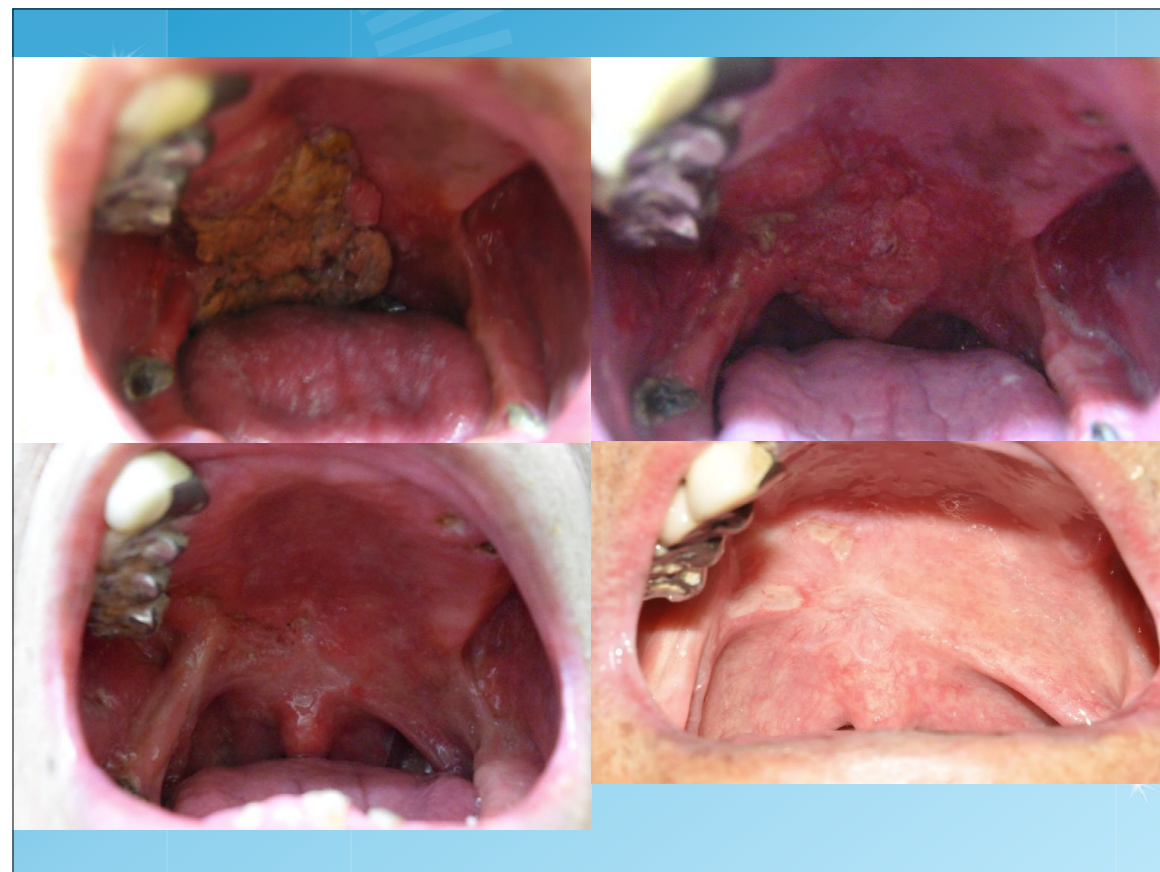
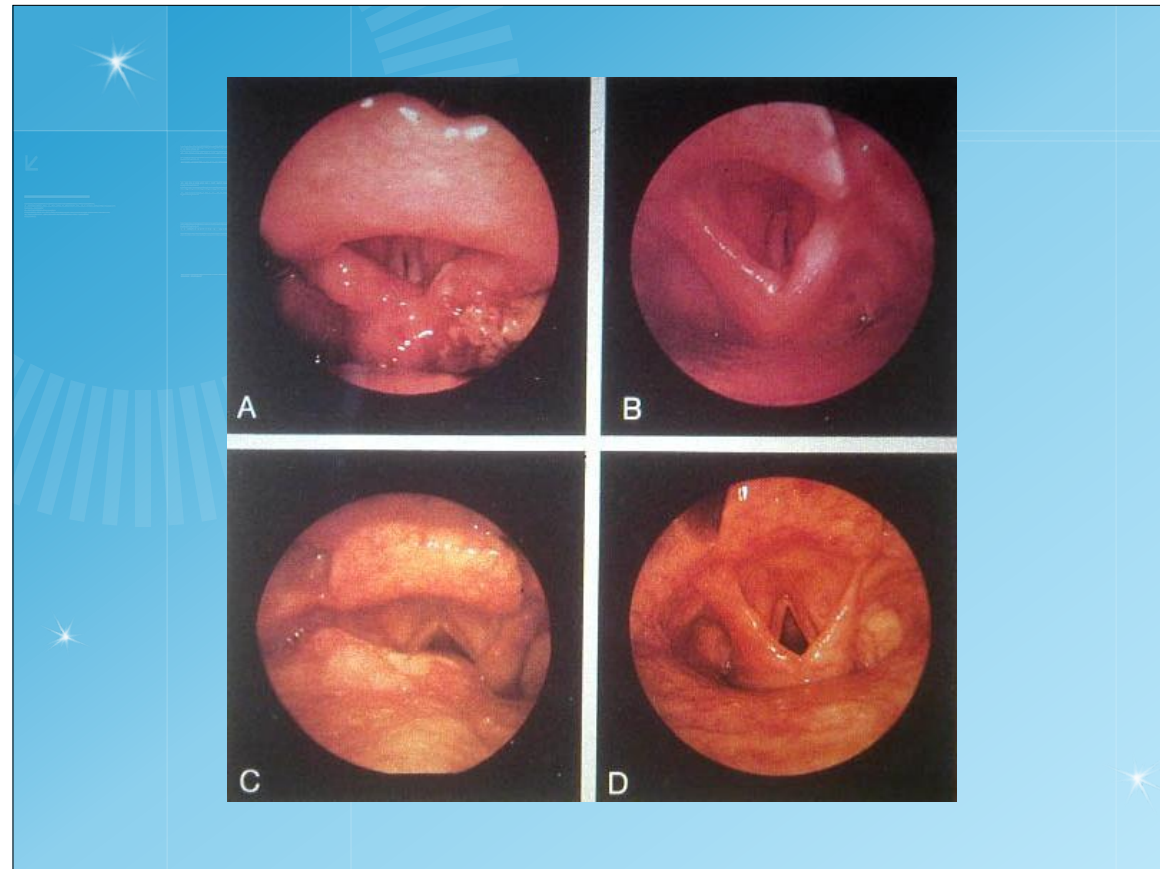
## Intensity Modulation



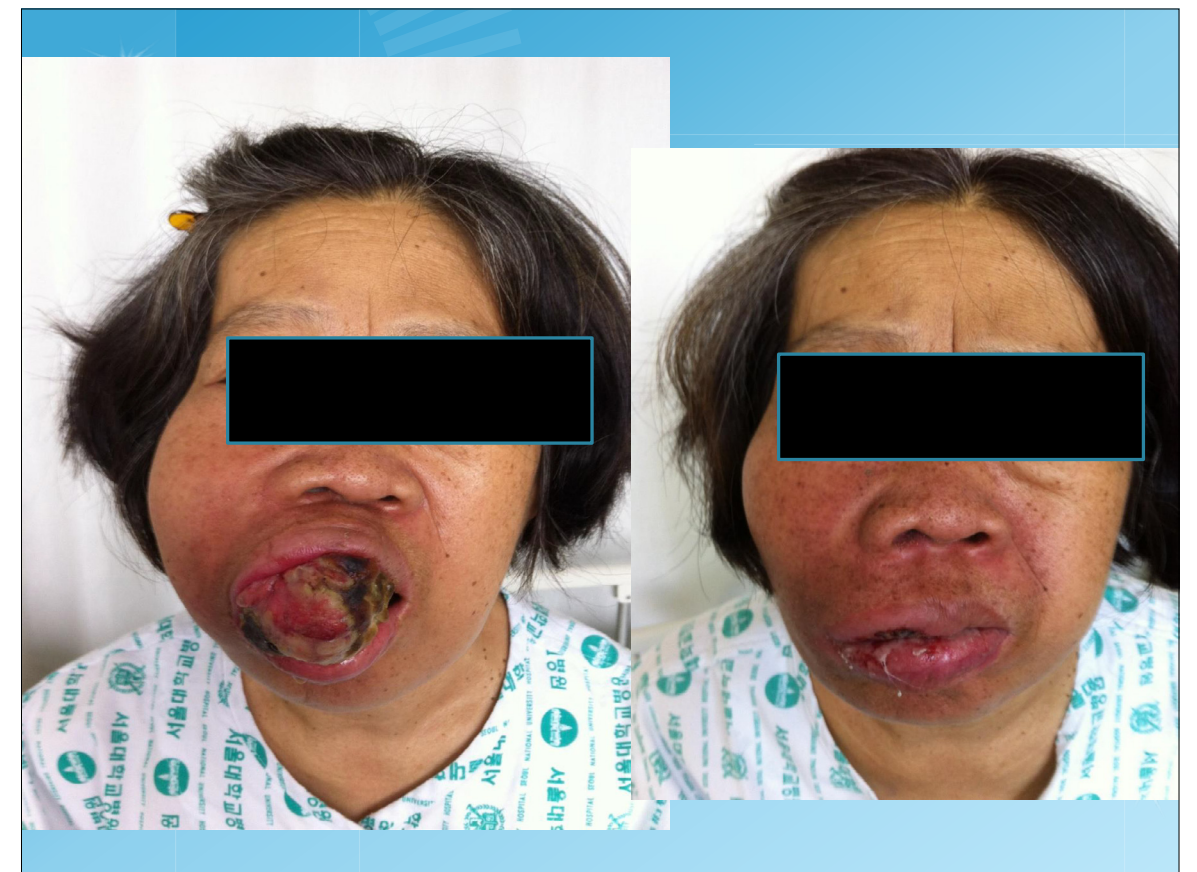
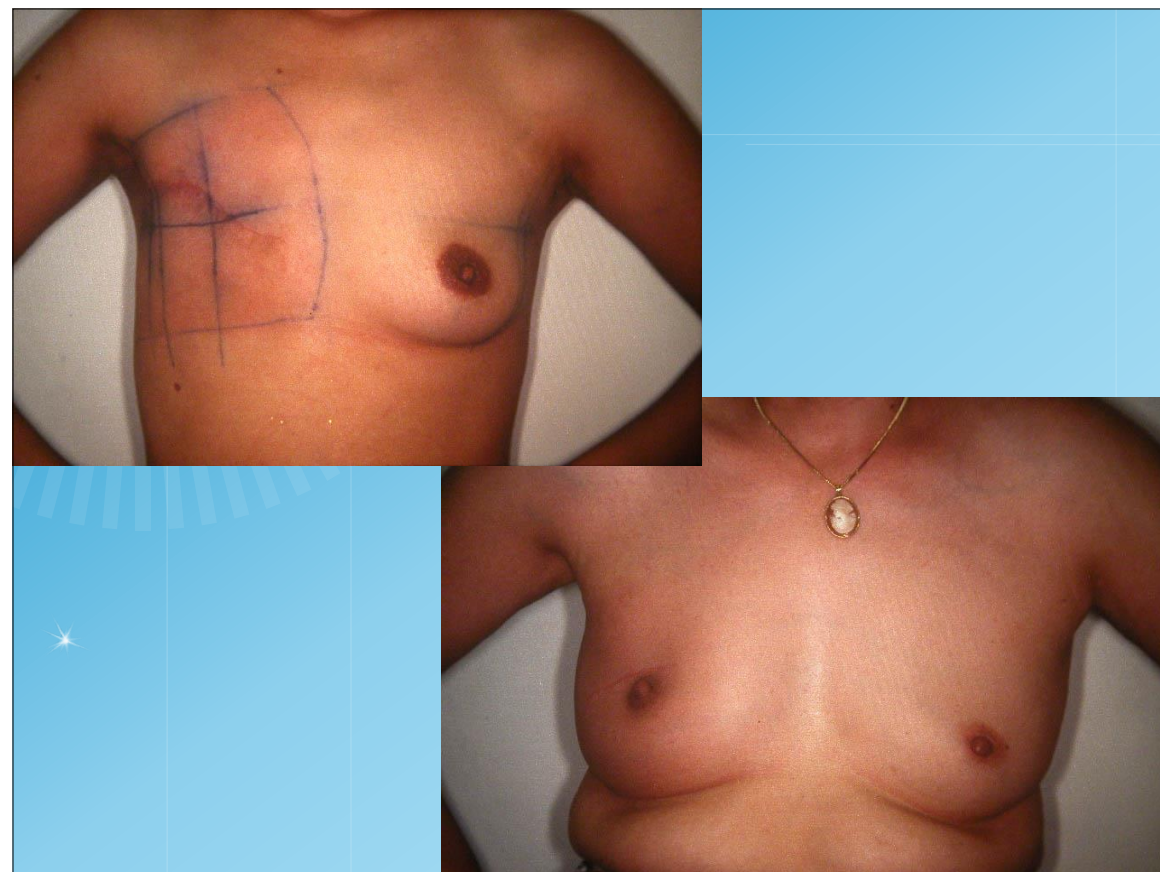




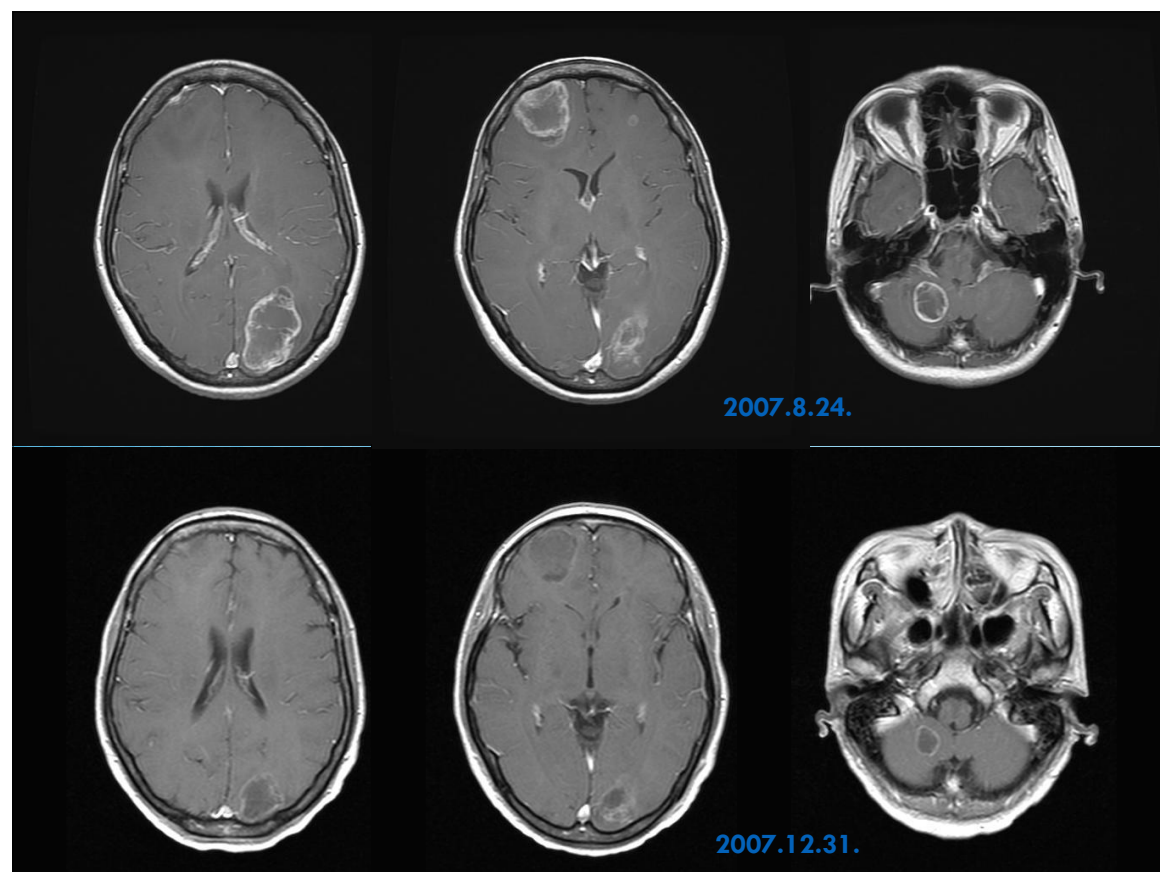
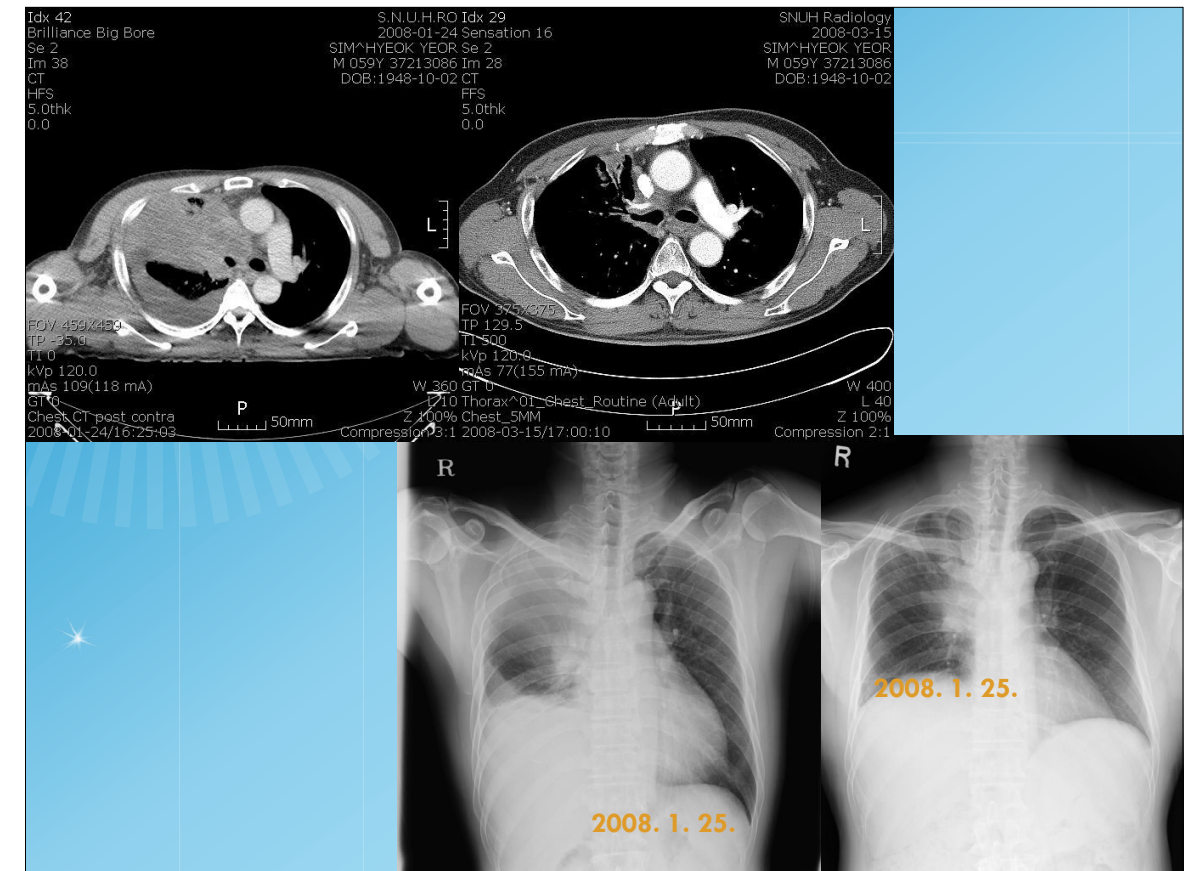
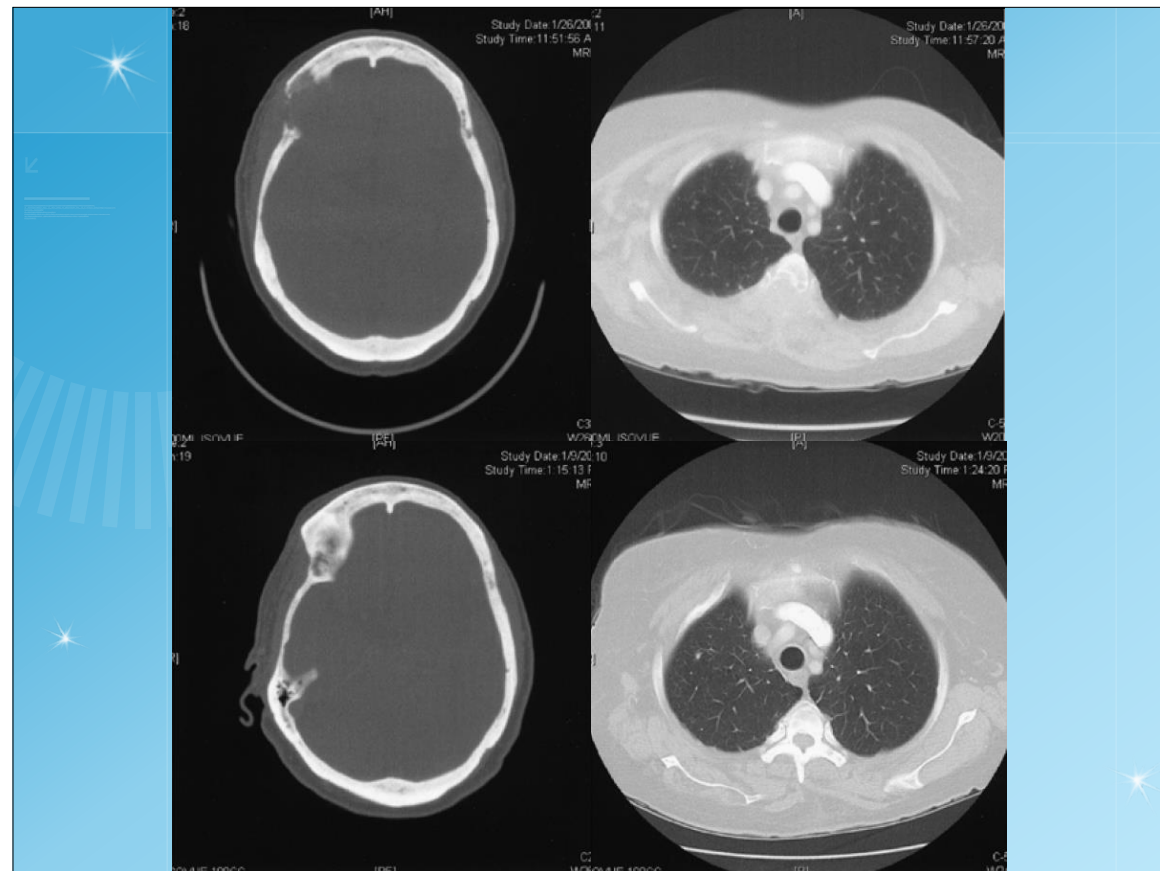




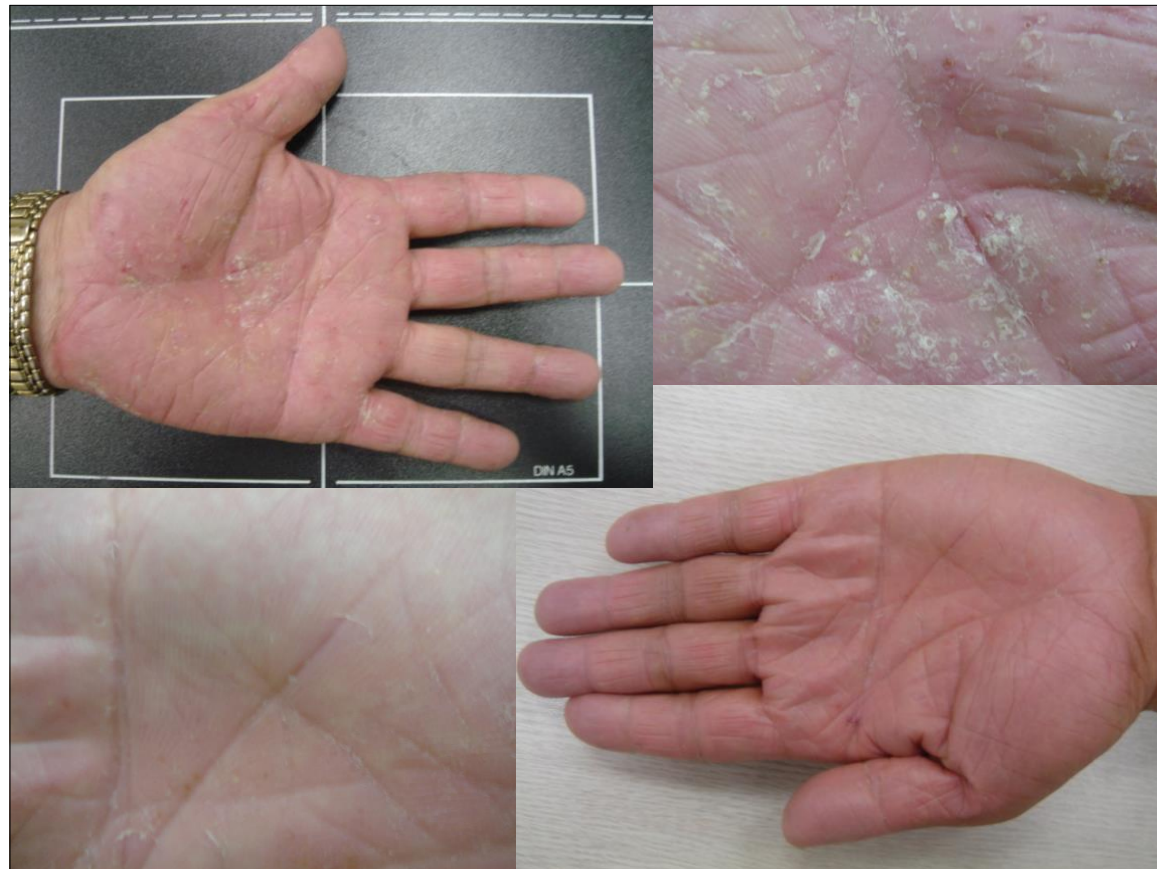




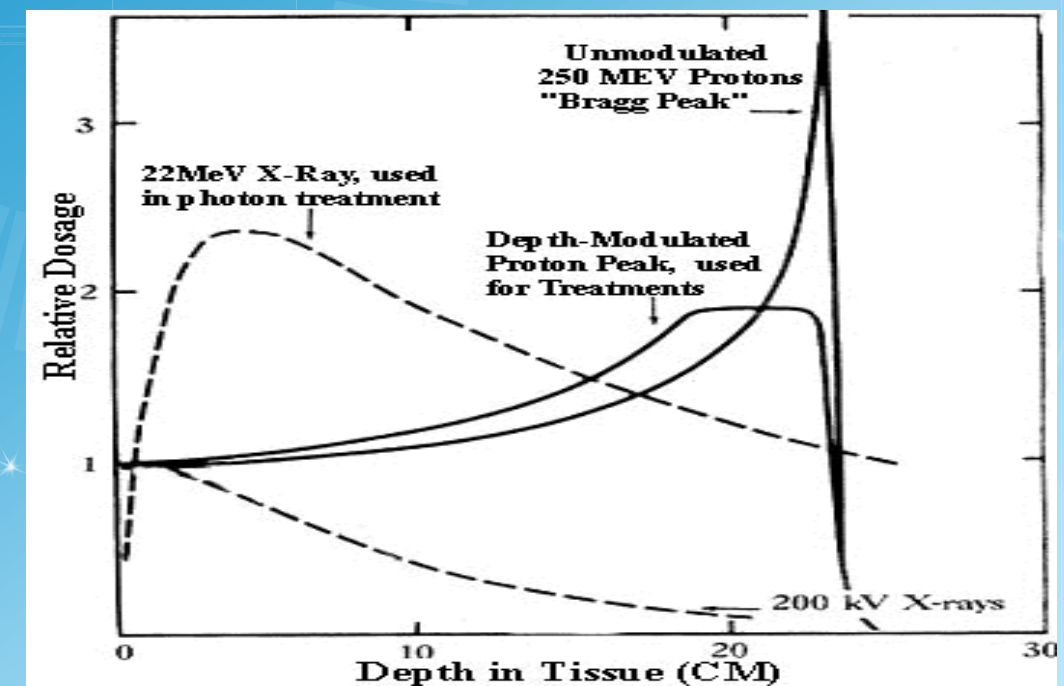




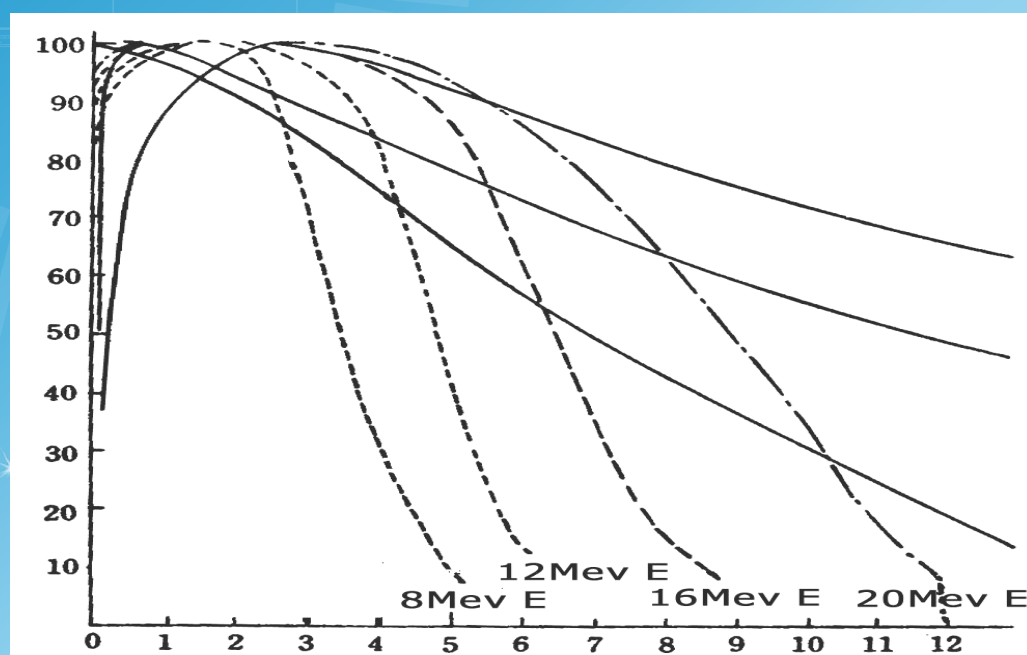




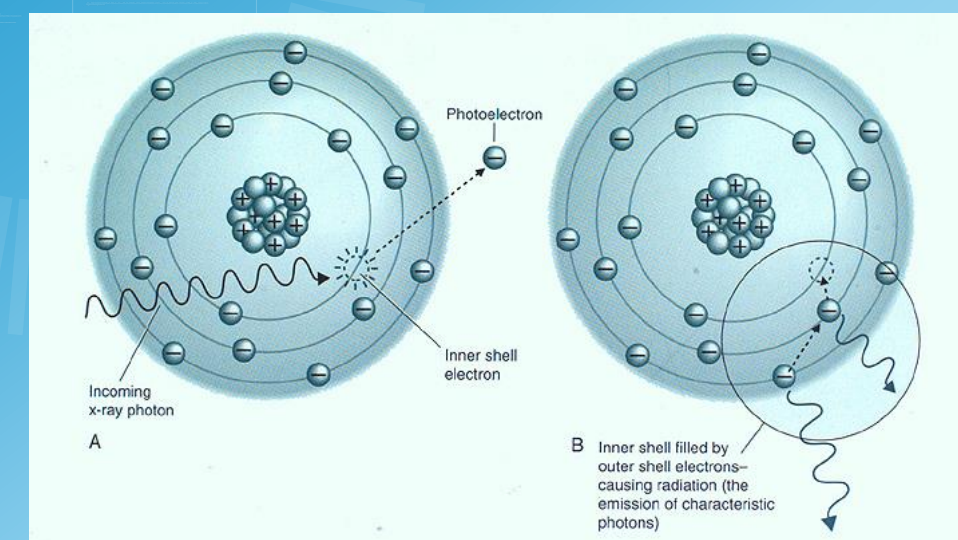
## Photon vs. Charged particles 심부선량곡선 (proton, helium, heavy charged ions)



## Photon vs. Electron 심부선량곡선

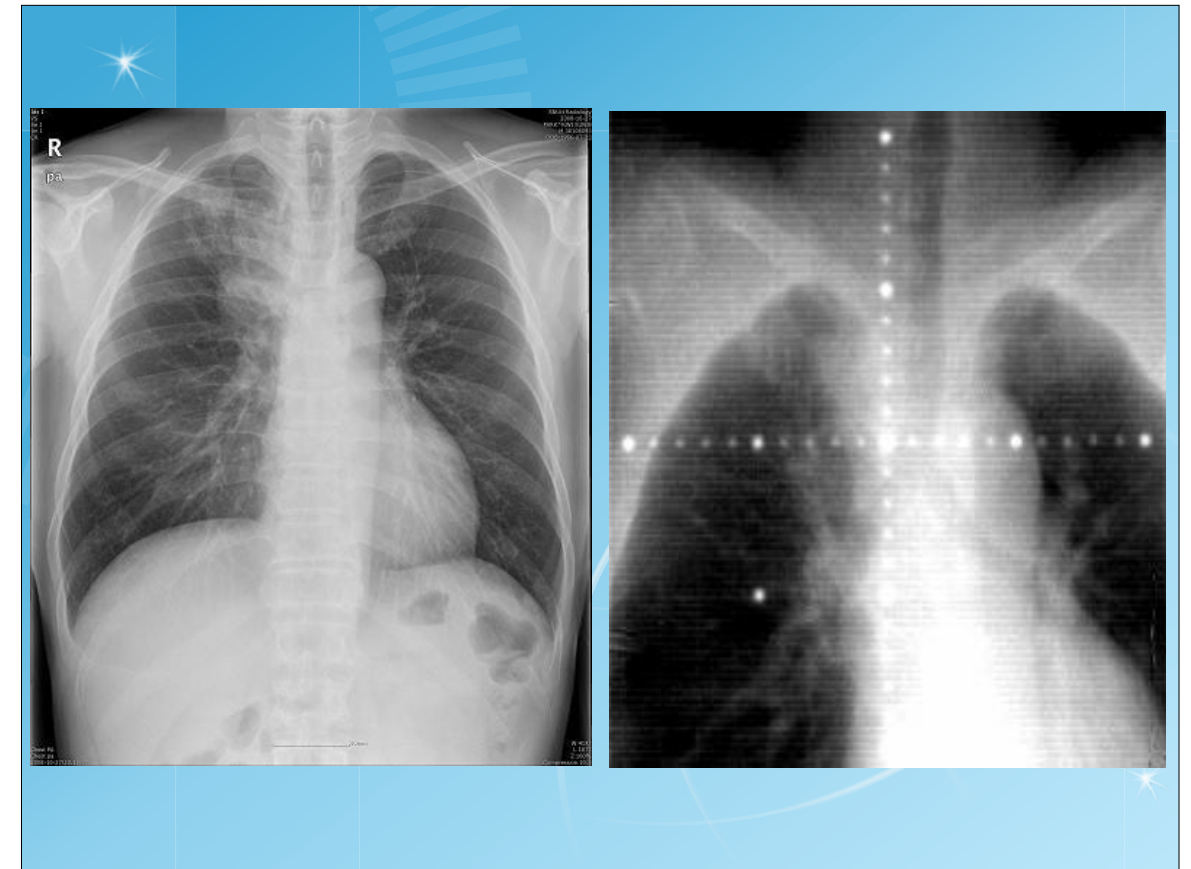
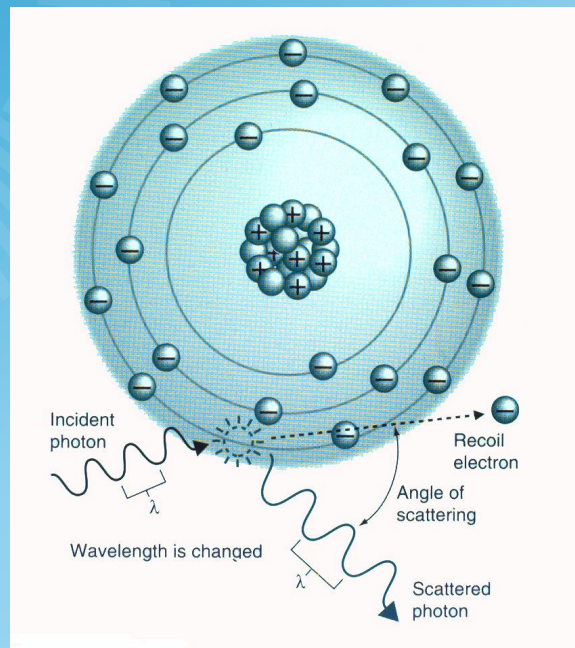


## Photoelectric effect





## Compton scattering



## Photoelectric effect vs. Compton scattering

	Photoelectric effect	Compton scattering
Predominant energy	less than 0.5 MV	1.5-5 MV
Mass absorption Coefficient	$Z^3$ 에 비례	전자밀도에 비례 (No. of e/gram)
Absorption in bone	higher than soft tissue	almost same as soft tissue
Clinical application	진단	치료

## Physical and chemical reaction of photon

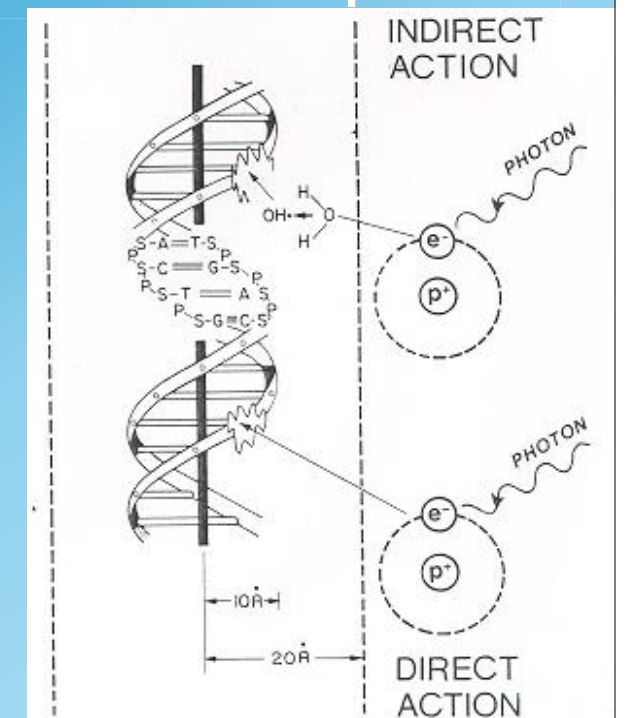
Incident X-ray (photon)

Fast electron:  $e^-$   
 $\downarrow (10^{-15} \text{ sec})$

Ion radical:  $H_2O \rightarrow H_2O^+ + e^-$   
 $\downarrow (10^{-10} \text{ sec})$

Free radical:  $H_2O^+ + H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH^\bullet$   
 $\downarrow (10^{-5} \text{ sec})$

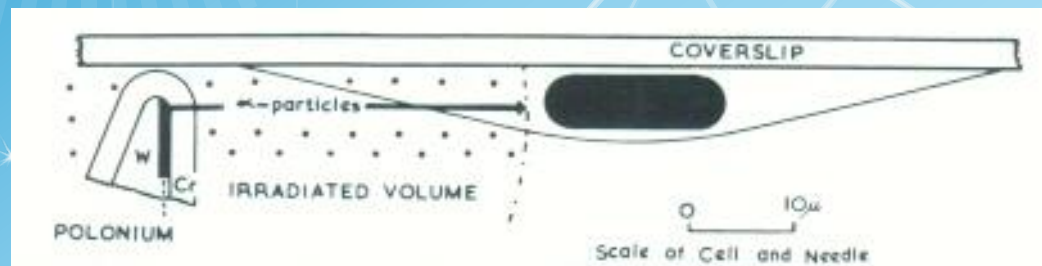
Chemical changes  
 $\downarrow (\text{hours} \sim \text{years})$   
 Biological effects



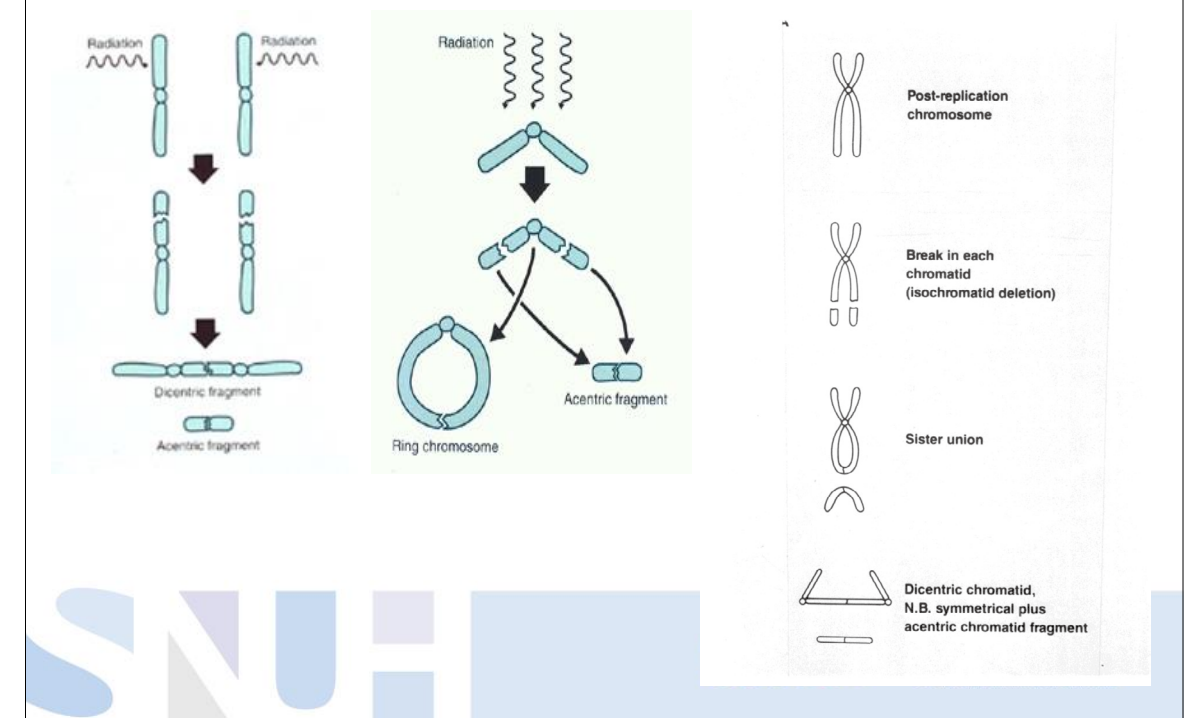


## Target of biological effects of radiation

- ❖ Nucleus vs. cytoplasm
- ❖ Nuclear membrane
- ❖ Cell membrane
- ❖ Cell organelles



## Chromosomal aberration



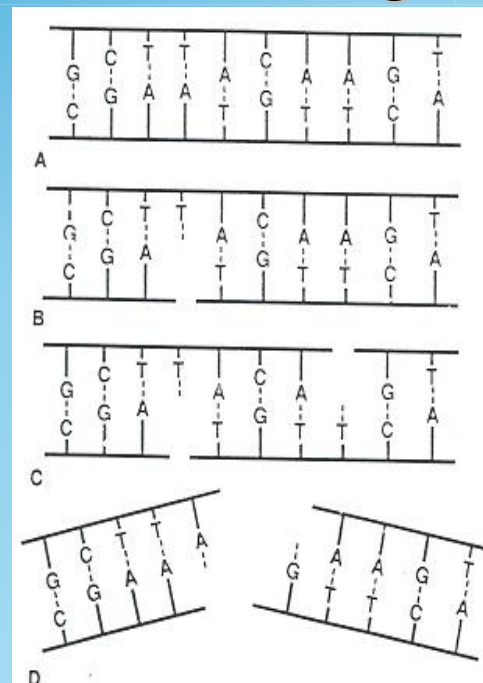
## Radiation-induced DNA Damage

### Single strand break (SSB):

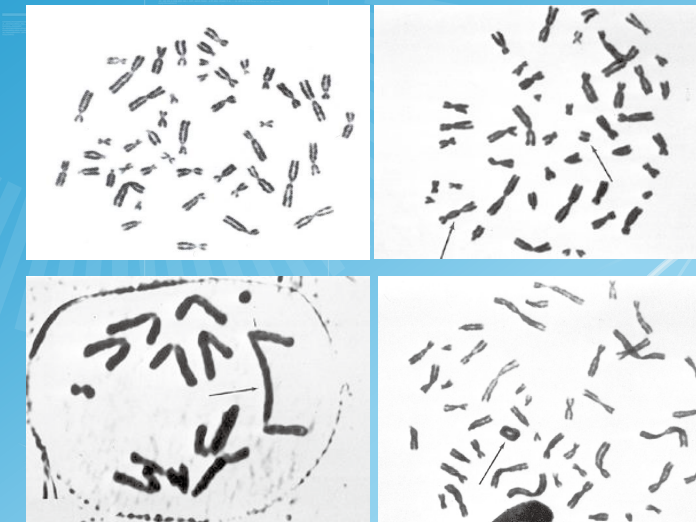
- 99% is rapidly repaired using opposite strand as template
- little biological consequence
- electrophoresis (alkaline)
- usual type of DNA damage by sparsely ionizing radiation

### Double strand break (DSB):

- SSB directly opposite or within a few base-pairs
- 90% is repaired
- more important in cell killing, mutation or carcinogenesis
- electrophoresis (neutral)
- more easily produced by densely ionizing radiation



## Chromosomal aberration

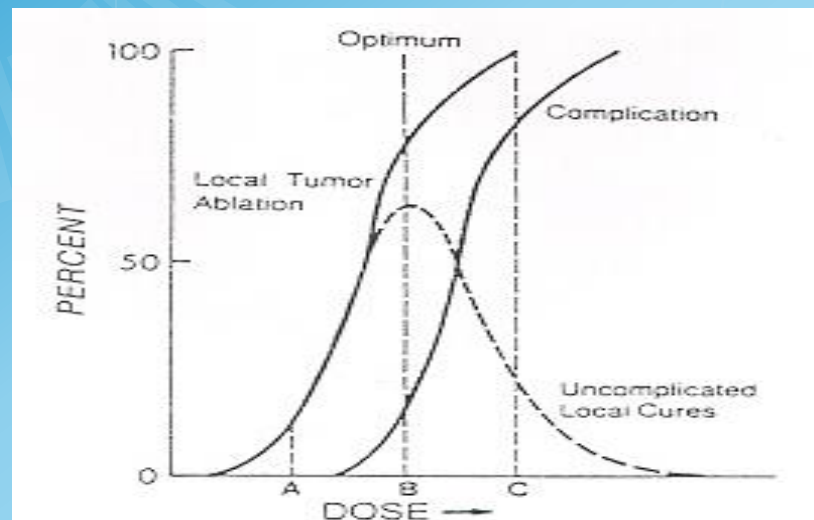


- ❖ Lethal
  - ✓ Dicentric
  - ✓ Ring formation
  - ✓ Anaphase bridge
  - ✓ Large deletion
- ❖ Non-lethal
  - ✓ Small deletion
  - ✓ Translocation

## 전리방사선을 암치료에 이용하려면...

암에 조사되는 방사선량을 높이되 정상조직의 부작용은 최소화하여  
중양 제어율을 향상시킴

### Therapeutic Ratio



## 각종 동물의 LD<sub>50/30</sub>

종	흡수선량 (cGy)
Mouse	520 ~ 640
Rat	800 ~ 820
모르모트	380 ~ 490
햄스터	700 ~ 800
토끼	735 ~ 910
원숭이	520 ~ 550
개	240 ~ 300
돼지	240 ~ 300
양	240
당나귀	310
사람	400 ± 100

## Fractionation



- ❖ 4Rs of Radiobiology
  - ✓ Repair of sublethal damage
  - ✓ Repopulation
  - ✓ Redistribution
  - ✓ Reoxygenation

## 여러 주요 장기의 조직 내선량

Organ	Injury	volume	TD5/5	TD50/5
Bone marrow	aplasia	whole	250	450
	pancytopenia	segmental	3,000	4,000
Liver	acute/chronic	whole	2,500	4,000
Stomach	perforation, ulcer	100cm	4,500	5,500
	hemorrhage			
Intestine	perforation, ulcer	400cm	4,500	5,500
	hemorrhage	100cm	5,000	6,500
Brain	infarction, necrosis	whole	5,000	6,000
Spinal cord	infarction, necrosis	10cm	4,500	5,500
Heart	pericarditis	60%	4,500	5,500
	pancarditis	25%	7,000	8,000
Lung	acute/chronic	whole	1,500	2,500
	pneumonia	100cm <sup>2</sup>	3,000	3,500
Kidney	acute/chronic	whole	2,000	2,500
	nephrosclerosis	whole(strip)	1,500	2,000
Fetus	death	whole	200	400



## 여러 종양의 중앙치유선량

2,000-3,000 cGy  
Seminoma  
Dysgerminoma  
Acute lymphocytic leukemia  
3,000-4,000 cGy  
Seminoma (bulky)  
Wilms' tumor  
Neuroblastoma  
4,000-4,500 cGy  
Hodgkin's disease  
Lymphosarcoma  
Histiocytic cell sarcoma  
Skin cancer (basal cell carcinoma)  
5,000-6,000 cGy  
Lymph node, metastatic  
Uterine cervix cancer  
H&N cancer  
Embryonal cancer  
Breast cancer, ovarian cancer  
Medulloblastoma, retinoblastoma  
Ewing's tumor

6,000-6,500 cGy  
Larynx (<1cm)  
Breast cancer (T1)  
7,000-7,500 cGy  
Oral cavity (<4cm)  
Oro-naso-laryngo-pharyngeal cancers  
Breast cancer (T2)  
Uterine cervix cancer  
Ovarian cancer  
Lymph node, metastatic (<3cm)  
Lung cancer (<3cm)  
8,000 cGy or above  
H&N cancer (>4cm)  
Breast cancer (>5cm)  
Glioblastoma  
Osteogenic sarcoma  
Melanoma  
Soft tissue sarcoma (>5cm)  
Thyroid cancer  
Lymph node, metastatic (>6cm)

**Software Error!!**

There occurs a fatal error!  
Program will be continued without saving.

Ignored error message

**Human Mistakes!!**

Medical Physicist didn't do QA.

Radiation Oncologist approved treatment without QA

MLC positioning can be monitored

Therapist didn't check console during treatment.

For 3 fraction (days), total 39 Gy delivered

Deaf, struggling to see, unable to swallow, burned skin, teeth falling out, ulcers in mouth, throat, nauseated, unable to breathe

After 2 years

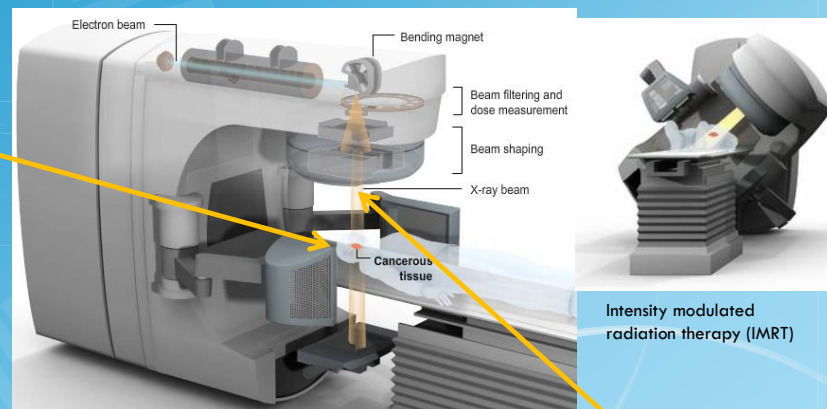
He died of his radiation injuries in February 2007

NYTimes; fatal radiation

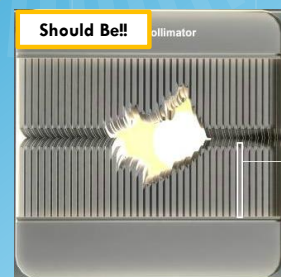


Mr. Scott Jerome-Parks

In March 2005, he received a fatal radiation overdose at St. Vincent's Hospital in Manhattan



Intensity modulated radiation therapy (IMRT)



Metal leaves determine how much radiation enters the patient at each point.



When all the leaves are closed, radiation is blocked.



If the collimator is mistakenly left open, the patient can be dangerously over-irradiated.

NYTimes; fatal radiation

## History of KOSRO

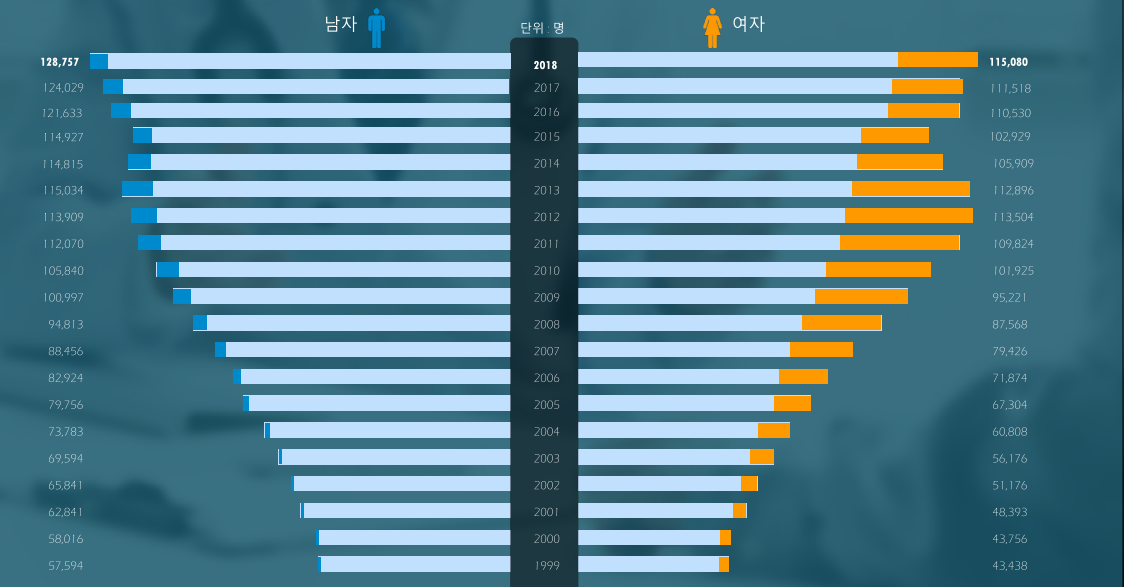
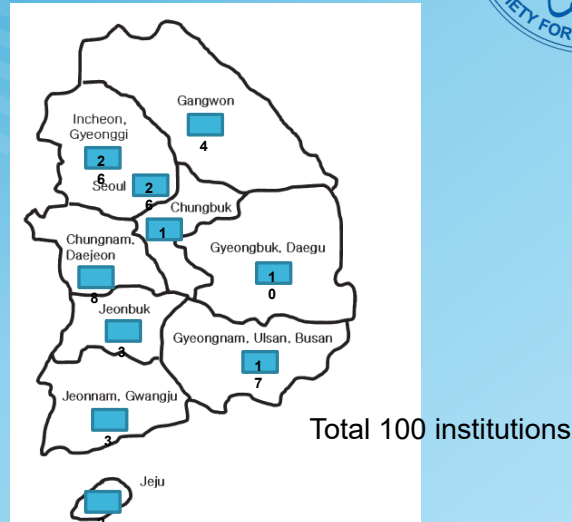


- 1982 establishment of Korean Society for Therapeutic Radiology and Oncology (KOSTRO)
- 1983 the 1<sup>st</sup> annual meeting, publishing first issue of the Journal of KOSTRO
- 2002 establishment of Korean Radiation Oncology Group (KROG)
- 2003 rename as Korean Society for Radiation Oncology (KOSRO)
- 2004 the 1<sup>st</sup> trilateral symposium of China, Japan, and Korea
- 2007 first proton therapy facility
- 2014 member organization of FARO
- 2016 registration of the Journal of KOSRO on ESCI
- 2023 first heavy ion therapy facility

## Current status (2021)

### Member: 507

- Full member 302
- Training member
- Special member
- Associate member
- Honorary member
- Corporate member



\*그레프의 진한 색은 갑상선암 발생자수를 의미함  
\*출처: 중앙암등록본부, 국가암등록사업 연례 보고서, 보건복지부

## Equipment

### External beam therapy

- Linear accelerator 173
- Tomotherapy 27
- Cyberknife 9
- Vero 1
- MR-cobalt 1
- MR-LINAC 3
- Halcyon 1
- Proton 2
- Carbon 1

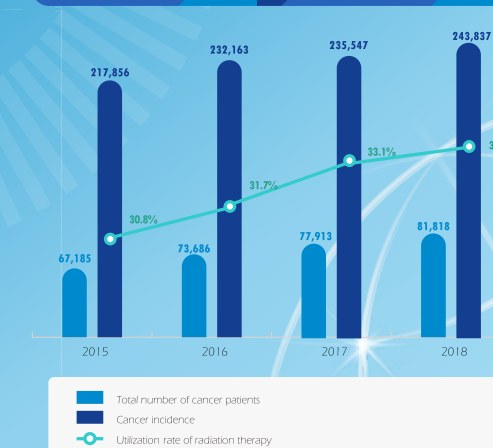
### Brachytherapy 33

- Hyperthermia 28
- Conventional simulator 32
- CT simulator 100
- Radiotherapy planning system 569 licenses



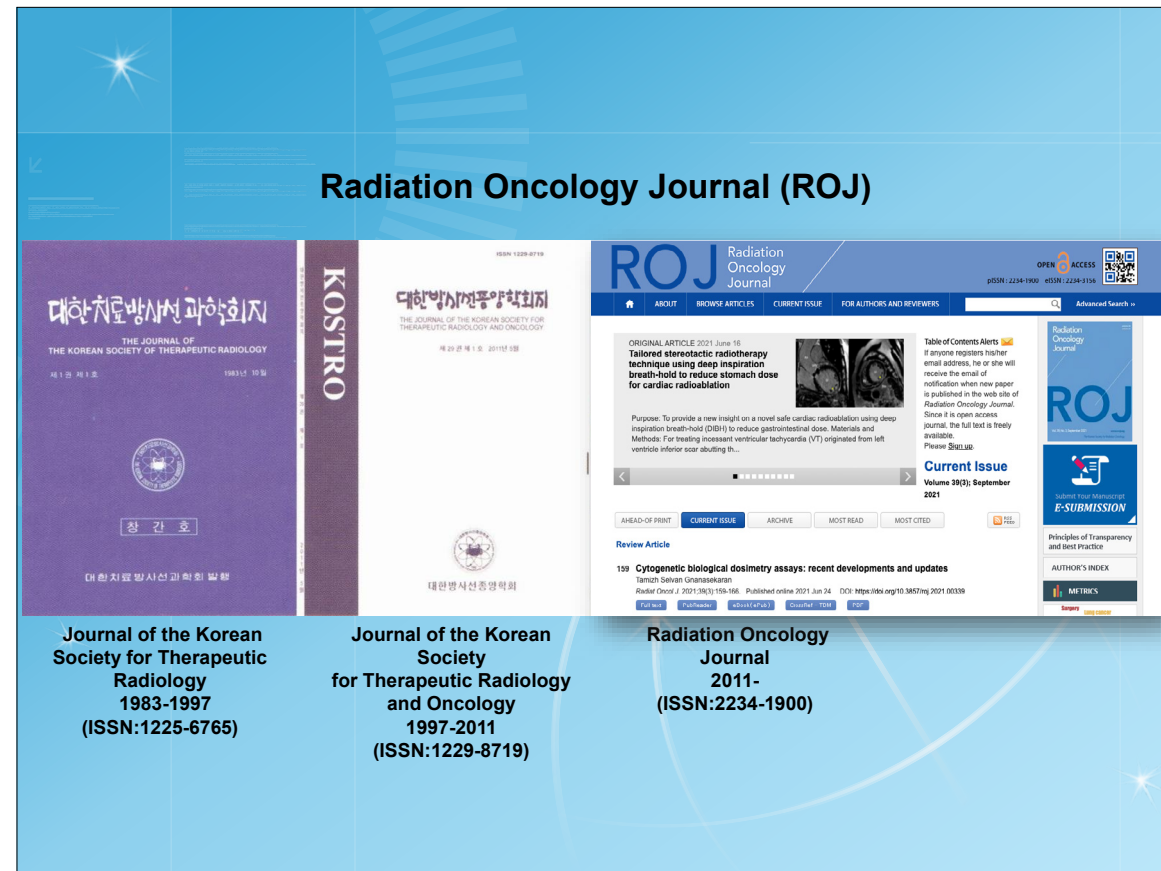
## Cancer Incidence and Radiotherapy Patients

### 국내 방사선치료 암발생률과 방사선치료 환자 수



\* 출처: 2013년~2018년 방사선치료 현황, 원자력의학원

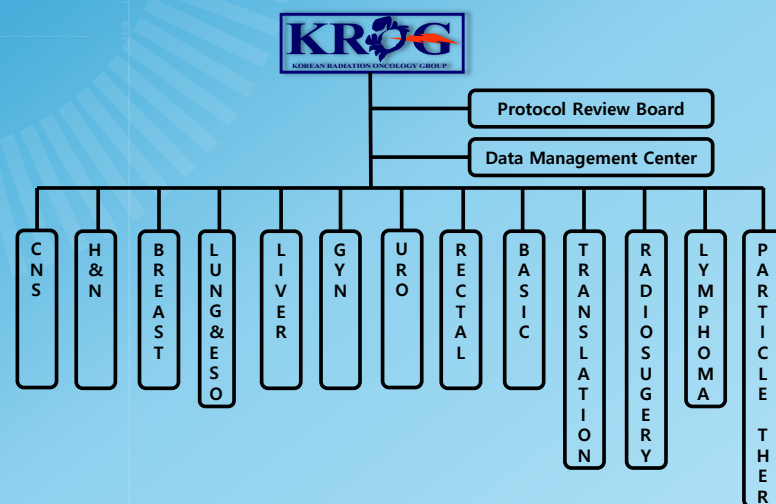




## 방사선치료의 시대적 발전



## Structure of KROG



## New technology on radiation oncology

- Hypofractionation
- Motion management
- MR guidance
- Particle therapy : proton, heavy ion (carbon)
- FLASH-RT : a technique involving the delivery of ultra-high dose rate radiation to the target

경청해 주셔서 감사합니다.



6

## 영상의학에서의 방사선 이용 현황 및 영상의학의 새로운 전개

장건호 (한국의학물리학회 고문)




장건호  
한국의학물리학회 고문

■ 학력


- 1983.03 ~ 1990.02 Kyung-Hee University, Suwon, South Korea(12/1985- 02/1988 Military service, Seoul Riot Police, Seoul, Korea) / B.S.
- 1990.03 ~ 1992.02 Kyung-Hee University, Suwon, South Korea  
Advisor: Myung-Hyun Kim, Ph.D.  
Thesis: Homogenization method for PWR super-nodal analysis (Work about three and half years after graduation) / M.S.
- 1995.08 ~ 1999.07 University of Missouri, Columbia, Missouri, USA  
Advisor: Stephen Pickup, Ph.D. and William H Miller, Ph.D.  
Dissertation: Design and implementation of pulse sequences for application in MRI: GMN and DTI / Post-Doc
- 1999.08 ~ 2001.01 University of Connecticut Hospital, Farmington, Connecticut, USA  
Supervisor: Song Lai, Ph.D. **Post-Doc**
- 2001.02 ~ 2003.09 University of California, San Francisco (VAMC), CA, USA  
Supervisor: Michael W Weiner, M.D. and Norbert Schuff, Ph.D. / Post-Doc

■ 경력


- 1990.03 ~ 1992.02 Department of Nuclear Engineering, Kyung-Hee University, Suwon, Korea / Lab and Research Assistant as a Master Student
- 1991.12 ~ 1995.07 Department of Therapeutic Radiology, Kyung-Hee University Hospital, Seoul, Korea / Researcher and Medical Physicist
- 1996.04 ~ 1999.07 Radiological Sciences Research of the Department of Radiology, University of Missouri-Columbia Hospital and Clinic, MO, USA / Research Assistant (RA) as a Ph.D. Student
- 1999.08 ~ 2001.01 Department of Diagnostic Imaging and Therapeutics, University of Connecticut Health Center (UCHC), CT, USA / Post-Doctoral Research Fellow
- 2001.02 ~ 2003.09 MR Unit, Department of Radiology, VA Medical Center (VAMC), University of California-San Francisco (UCSF), San Francisco, California, USA / Post-Doctoral Research Fellow
- 2003.10 ~ 2006.02 Department of Radiology, UCSF, San Francisco, California, USA  
Lab: Center for Imaging of Neurodegenerative Disease (CIND) at VA Medical Center / Assistant Adjunct Professor
- 2006.03 ~ 2007.09 Department of Radiology, Kyung Hee University Hospital (KHUH) at Gangdong, College of Medicine, Kyung Hee University (KHU), Seoul, Korea / Assistant Professor
- 2007.10 ~ 2012.08 Department of Radiology, KHUH at Gangdong, College of Medicine, KHU, Seoul, Korea / Associate Professor
- 2012.09 ~ Now Department of Radiology, KHUH at Gangdong, College of Medicine, KHU, Seoul, Korea / Professor



KYUNG HEE UNIVERSITY HOSPITAL  
at GANGDONG



한국의학물리학회  
Korean Society of Medical Physics



KYUNG HEE  
UNIVERSITY

영상의학에서의 방사선 이용 현황  
및 영상의학의 새로운 전개

장건호  
강동경희대학교병원 영상학과



한국의학물리학회  
Korean Society of Medical Physics

의학물리학회 회원수: 735명  
(2023년 6월 현재)

KBMP 보드자수: 91명  
(2023년 7월 현재)

회원 의료현장 근무 현황

출신학과(%)

■ 방사선종양학과  
■ 신경외과  
■ 핵의학과  
■ 영상의학과

■ 물리학과  
■ 방사선학과  
■ 의학물리학과  
■ 의공학과  
■ 원자력관련학과  
■ 그외(공학, 화학, 바이오 등)

이세병  
· 회장  
(국립암센터  
영상자치료센터)

김금배  
· 총무이사  
(한국원자력  
의학원 방사  
선종양학과)

정윤선  
· 학술이사  
(한양대학교)

추 성 실

강 위 생

김 성 규

권 수 일

서 태 석

지 영 훈

최 보 영

한 영 이

장 건 호




조 병 철

14대

130

131

## Contents

1	2	3	4
영상의학 장비 및 검사현황	영상의학 방사선 평가	영상의학 관련 의료 사고	영상의학 새로운 전개
 CT	 복부 CT : 8-10 mSv	Simple X-Ray	Treatment using X-ray
	진단참고수준 가이드라인	MRI	Radiogenomics
	영상진단 정당성 가이드라인		Radiomics
	의료방사선 중사 자와 방사선 피폭 현황		Big Data
			AI

## 영상의학장비 소개: 진단용 방사선 발생장치




그 외

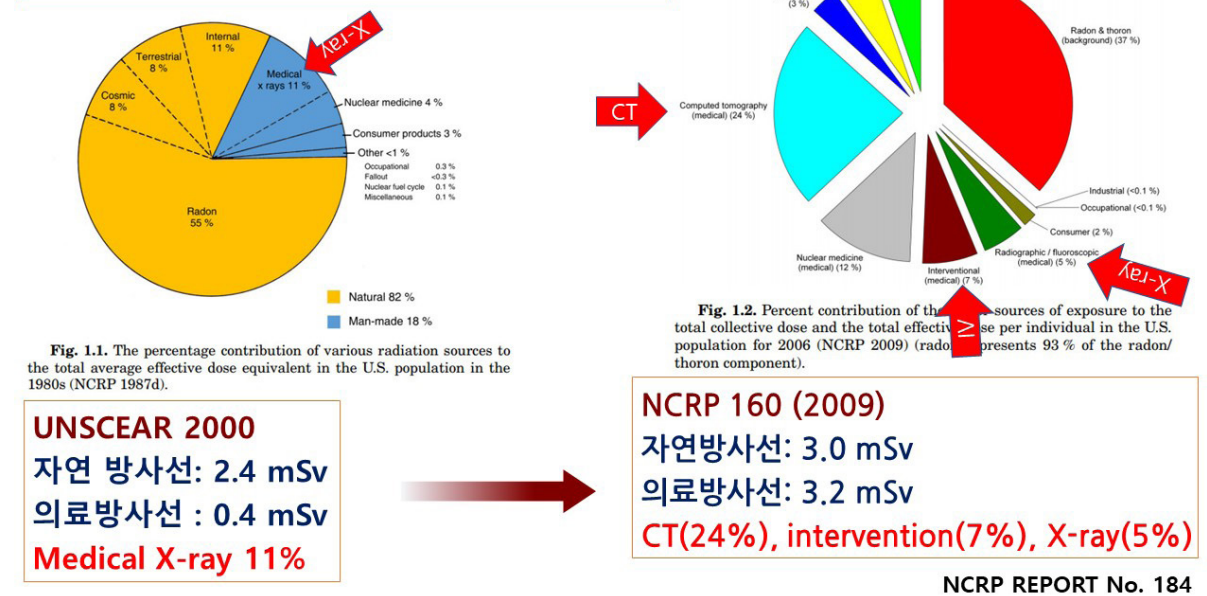
MRI 장치



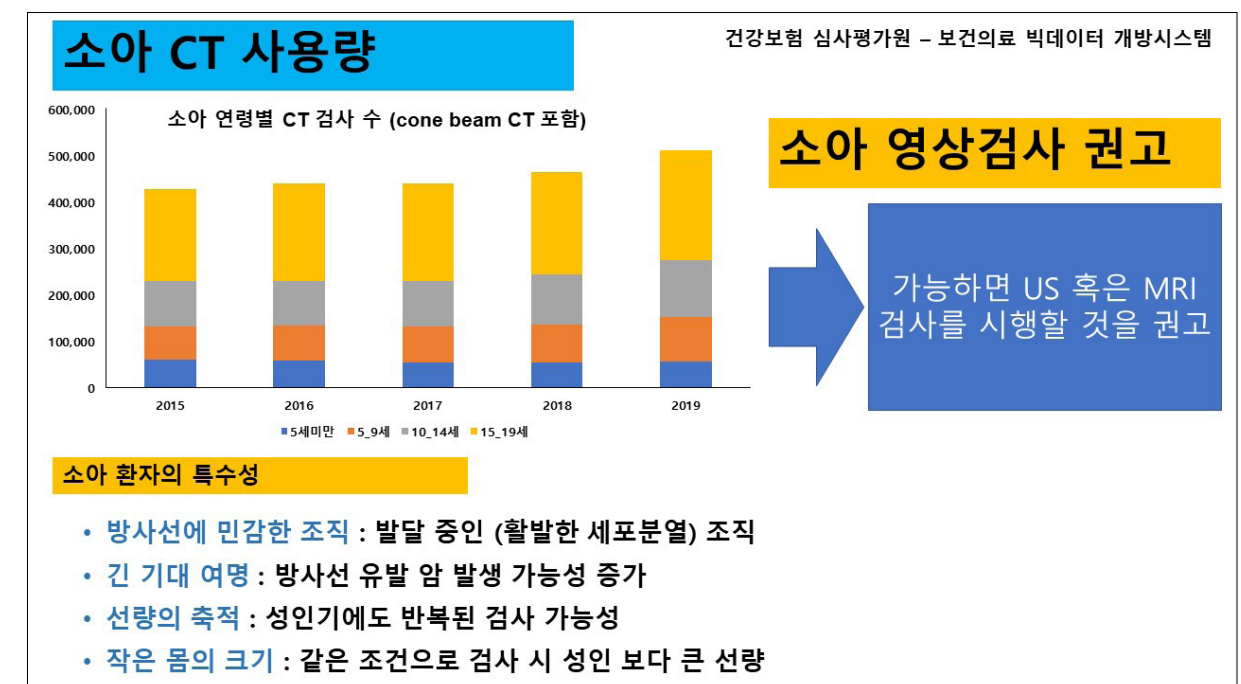
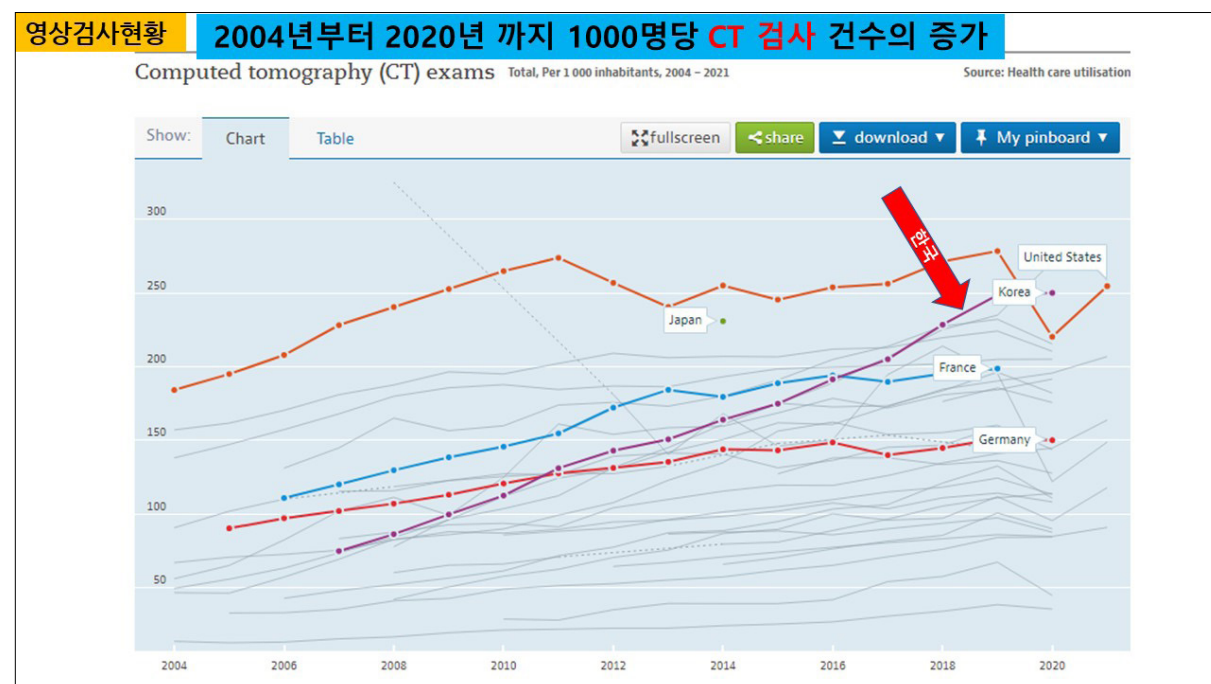
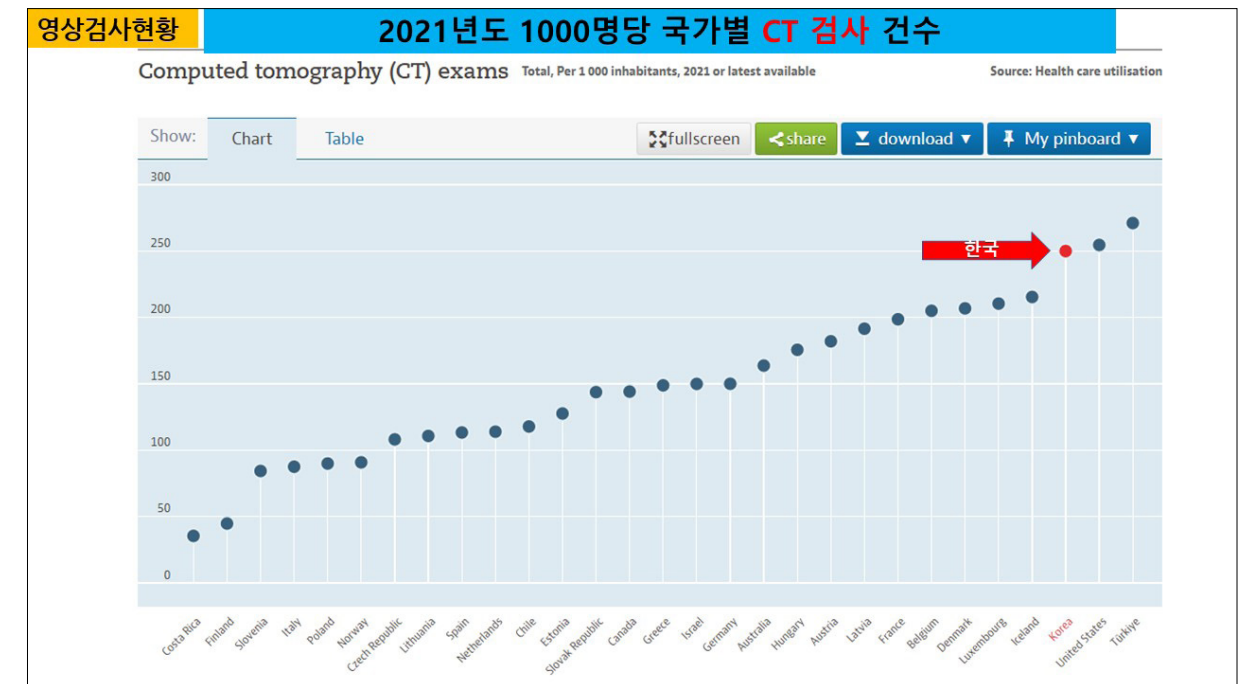
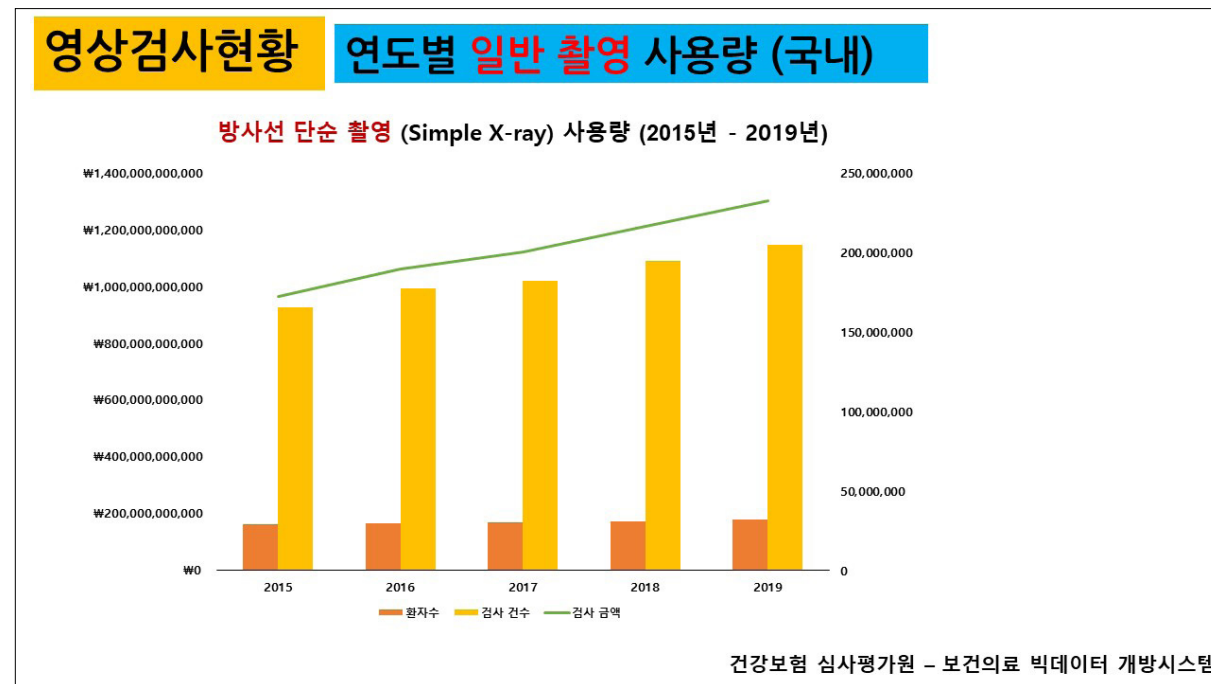
## Contents

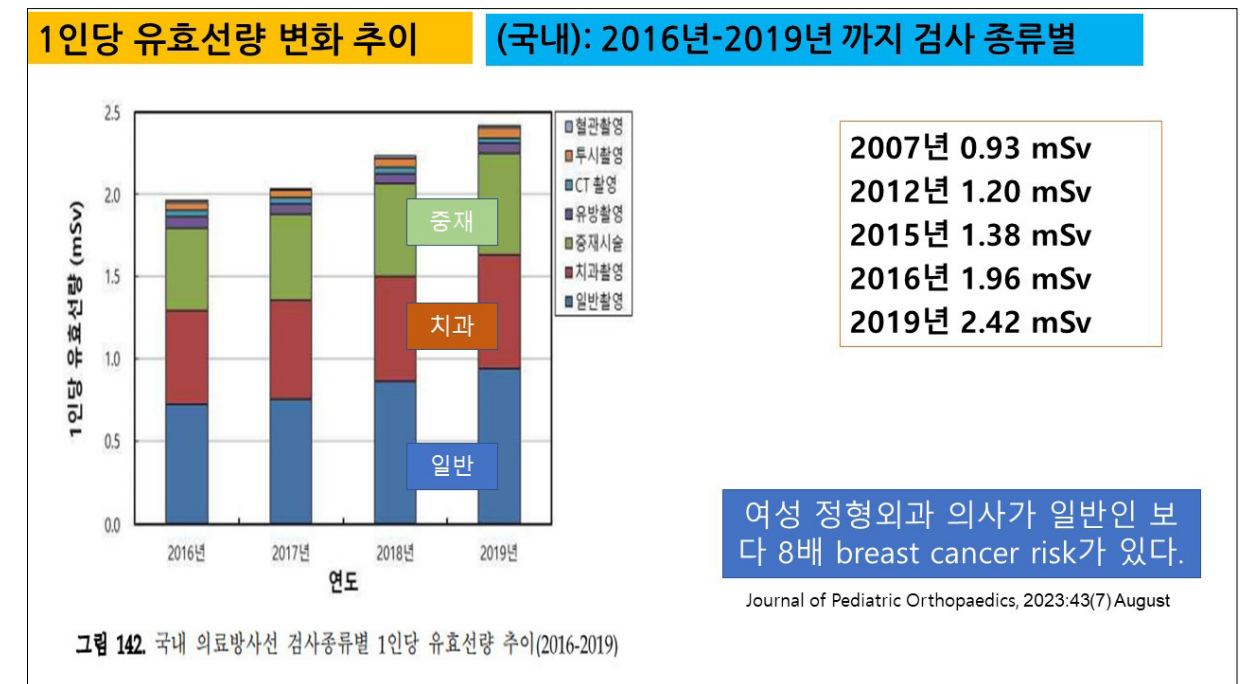
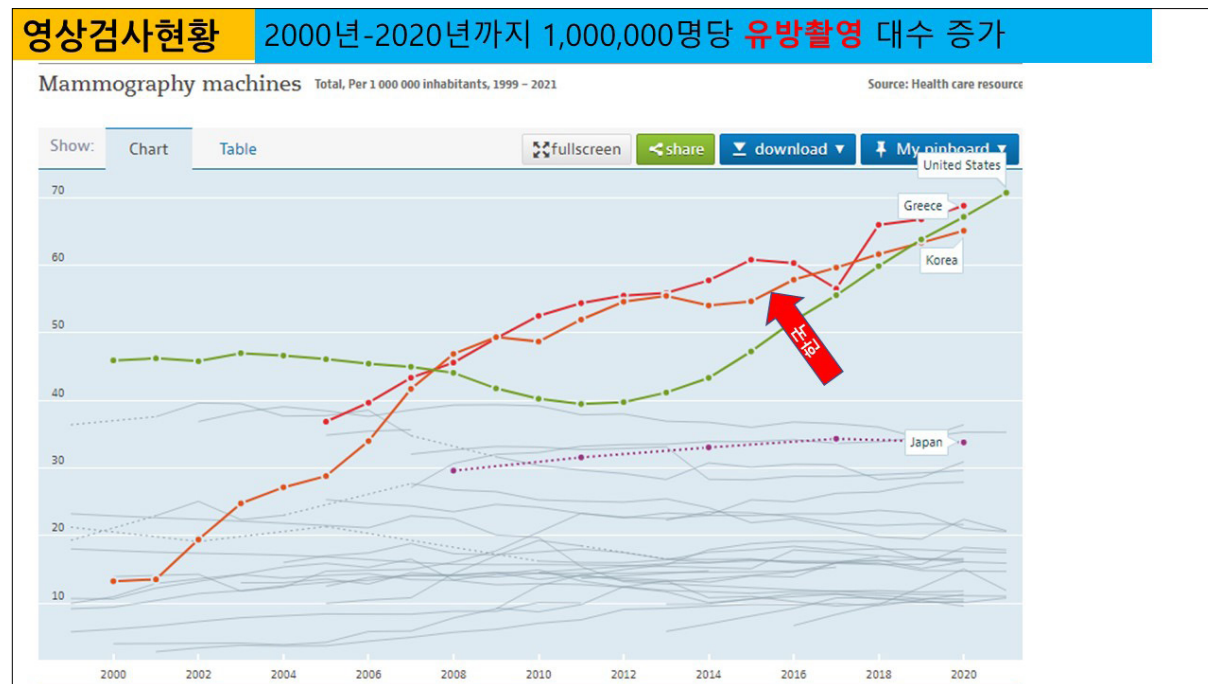
1	2	3	4
영상의학 장비 및 검사현황	영상의학 방사선 평가	영상의학 관련 의료 사고	영상의학 새로운 전개
 CT	 복부 CT : 8-10 mSv	Simple X-Ray	Treatment using X-ray
	진단참고수준 가이드라인	MRI	Radiogenomics
	영상진단 정당성 가이드라인		Radiomics
	의료방사선 중사 자와 방사선 피폭 현황		Big Data
			AI

## 의료방사선 피폭의 증가









## Contents

1	2	3	4
영상의학 장비 및 검사현황	영상의학 방사선 평가	영상의학 관련 의료 사고	영상의학 새로운 전개
<p>CT</p>	<p>1인당 유효선량 변화 추이</p> <p>진단용 방사선 피폭: CT 검사 부작용 예</p> <p>질병관리청 진단참고수준 가이드라인</p> <p>영상진단 정당성 가이드라인</p> <p>의료방사선 중사자와 방사선 피폭 현황</p>	<p>Simple X-Ray</p> <p>MRI</p>	<p>Treatment using X-ray</p> <p>Radiogenomics</p> <p>Radiomics</p> <p>Big Data</p> <p>AI</p>





## 임신부의 영상검사와 태아 선량

US 혹은 MRI

### 태아 선량: ICRP Publication 84 (Old 영국 자료)

표1. 영국에서 일반적 진단절차에 의한 대략적인 태아 선량(Sharp, Shrimpton, Buiv 1998의 자료에서 인용)

촬영 종류	평균 (mGy)	최대값 (mGy)
<b>재래식 X선 검사</b>		
복부	1.4	4.2
흉부	<0.01	<0.01
정맥요조영술	1.7	10
요추	1.7	10
골반	1.1	4
두개골	<0.01	<0.01
흉추	<0.01	<0.01
<b>투시검사</b>		
바륨식(상부위장관, UGI)	1.1	5.8
바륨관장	6.8	24
<b>전산화단층촬영</b>		
복부	8.0	49
흉부	0.06	0.96
머리	<0.005	<0.005
요추	2.4	8.6
골반	25	79

### 방사선에 의한 태아기형 발육 이상

- 태아 기형은 100-200 mGy 의 높은 선량에 의해 나타날 수 있으며, 주로 중추신경계의 이상이 온다.
- 태아 피폭 100 mGy 는 3 번의 pelvic CT 이나 20번의 일반촬영에서도 나타나지 않는다. 그러나 투시, 중재시술에서는 도달할 수 있는 수치이다.
- 태아 피폭 100 mGy는 소아암(백혈병) 발생의 위험이 있으나, 99%에서 문제가 없다.

### 방사선 피폭에 의한 임신중절

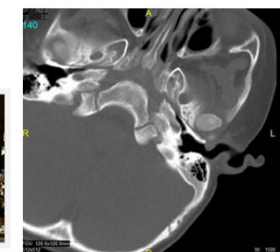
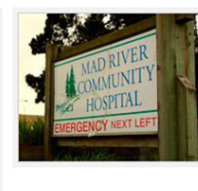
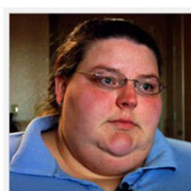
- 태아 선량 100 mGy 이하의 태아 피폭선량에서 임신 중절은 정당화 되지 못한다.
- 태아 선량 500 mGy 이상에서는 심각한 태아의 손상을 초래할 수 있다.
- 태아 선량 100 - 500 mGy 의 태아 피폭선량에서는 개인의 환경에 따라 임신중절을 결정하여야 한다.
- 임신 말기에는 100 - 1000 mGy의 태아 선량에도 기형이 발생할 확률이 매우 낮다.

## CT 검사 부작용 예: (미국) 방사선의 결정적 영향 (Deterministic effect) 2

### Radiation Overdoses Point Up Dangers of CT Scans

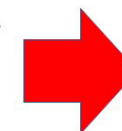
Written by Humboldt Online Editor on 16 October 2009

New York Times  
Raven  
Knickerbocker,  
then an X-ray  
technologist at  
Mad River  
Community  
Hospital in  
Arcata, Calif.,  
activated a CT  
scan 151 times  
on the same area  
of the head of 2 1/2-year-old Jacoby Roth, investigators concluded.



Roth family

- 2세 남아 낙상으로 68 분 동안 151 회의 두정부 CT 시행
- 최대 7 Gy의 피부선량



- 두부 피부 발적의 결정적 영향
- 백내장 위험 등
- 이 외에도 백혈구에서 상당한 수준의 염색체 손상도 있었음

## CT 검사 부작용 예: (미국) 방사선의 결정적 영향 (Deterministic effect) 1

HOME PAGE TODAY'S PAPER VIDEO MOST POPULAR TIMES TOPICS  
The New York Times Health

### Brain perfusion CT

#### THE RADIATION BOOM After Stroke Scans, Patients Face Serious Health Risks

By WALT BOGDANICH  
Published: July 31, 2010

When Alain Reyes's hair suddenly fell out in a freakish band circling his head, he was not the only one worried about his health. His co-workers at a shipping company avoided him, and his boss sent him home, fearing he had a contagious disease.



Only later would Mr. Reyes learn what had caused him so much physical and emotional grief: he had received a radiation overdose during a test for a stroke at a hospital in Glendale, Calif.

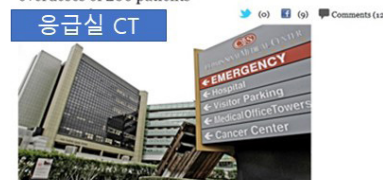
Other patients getting the procedure, called a CT brain perfusion scan, were being overdosed, too — 37 of them just up the freeway at Providence Saint Joseph Medical Center in Burbank, 269 more at the renowned Cedars-Sinai Medical Center in Los Angeles and dozens more at a hospital in Huntsville, Ala.



- 미국 캘리포니아 지방에서 2009년 brain perfusion CT를 시행한 환자에서 사진과 같이 머리털의 빠짐 호소.
- 문제 심각하여 2009년 겨울에 미국방송에 소개, 미국 FDA 조사로 이어졌음.
- 많은는 정상보다 8배의 피폭을 더 받았음.
- 우리나라에서도 이 문제가 KBS에서 보도, CT 검사에 대한 경각심을 일으킴.

### Los Angeles Times

Cedars-Sinai investigated for significant radiation overdoses of 206 patients



응급실 CT



## 질병관리청: 진단 방사선 관련 자료

질병관리청  
https://www.kdca.go.kr/

의료방사선계시판

### 1. 진단참고수준 가이드라인

- 일반촬영 - (2019.09; 2023.04)
- 유방촬영 (2019.09; 2023.04)
- 치과촬영 - 구내, 파노라마, CBCT (2019.09)
- 중재적방사선시술 (2020.10)
- 투시조영촬영 (2021.07)
- 전산화단층촬영, CT (2017.12; 2022.04)

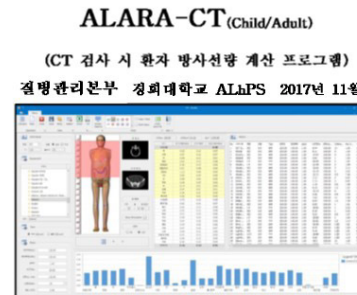
환자 피폭선량을 낮추는 첫 걸음,  
진단참고수준  
(Diagnostic Reference Level, DRL)

감염병	건강정보	국정과제	정책정보	연구개발
정책정보				
감염병	건강정보	국정과제	정책정보	연구개발
생물안전	건강정보	국정과제	정책정보	연구개발
만성질환	건강정보	국정과제	정책정보	연구개발
건강위해	건강정보	국정과제	정책정보	연구개발
의료방사선안전관리	건강정보	국정과제	정책정보	연구개발
방사선피폭및방어	건강정보	국정과제	정책정보	연구개발
의료방사선계시판	건강정보	국정과제	정책정보	연구개발



## 2. 영상의학분야 피폭량 계산 프로그램(ALARA)

- CT 방사선 피폭선량 계산프로그램 (ALARA-CT)
- 유방촬영 피폭선량 계산 프로그램(ALARA-M)
- 일반촬영 방사선 피폭량 계산 프로그램(ALARA-GR)
- 치과 방사선 검사 피폭량 계산 프로그램(ALARA-Dental)
- 투시촬영 및 중재시술 피폭선량 계산 프로그램(ALARA-F)



**ALARA-GR (Child/Adult)**  
(일반촬영 시 환자 방사선량 계산 프로그램)

경희대 원자력공학과 김광표교수

**ALARA-Dental (Child/Adult)**  
(치과촬영 시 환자 방사선량 계산 프로그램)

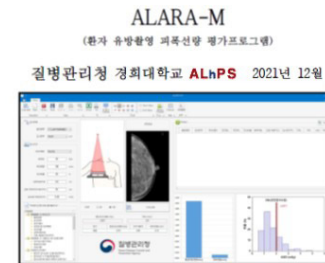
**ALARA-F**

(중재시술/투시검사 시 환자 방사선량 계산 프로그램)

질병관리본부  
경희대학교 ALhPS  
2019년 12월



질병관리청  
경희대학교 ALhPS  
2020년 12월



## 4.

의료방사선  
종사자와 방  
사선 피폭  
현황



질병관리청  
피폭선량관리센터

2022.12

[표1] 2017년 ~ 2021년도 방사선관계종사자 현황

(단위: 명)

직종	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년(%)
방사선사	25,797	26,991	28,476	29,668	30,945 (30.35)
의사	18,251	19,539	20,539	21,667	22,951 (22.51)
치과의사	17,769	18,248	18,950	19,210	19,720 (19.34)
치과위생사	10,791	11,452	11,897	11,916	12,289 (12.05)
영상의학과전문의	1,757	1,835	2,271	2,315	2,306 (2.26)
간호사	7,441	8,374	9,382	10,075	10,664 (10.46)
간호조무사	1,491	1,594	1,807	1,841	1,951 (1.91)
업무보조원	211	206	240	242	259 (0.25)
기타	765	786	813	867	879 (0.86)
합계	84,273	89,025	94,375	97,801	101,964 (100)

## 3. 영상진단 정당성 가이드라인

- 1.갑상선 검사
- 2.근골격 검사
- 3.복부 검사
- 4.비뇨생식기 검사
- 5.소아 검사
- 6.신경두경부 검사
- 7.심장검사
- 8.유방검사
- 9.인터벤션 검사
- 10.치과 검사
- 11.핵의학 검사
- 12.흉부 검사

2019년 10월 출판



〈표 3〉 영상진단 정당성 가이드라인의 권고등급 체계

등급	내용	의미
A	시행하는 것을 권고함	해당 중재(검사)는 원하는 효과에 대한 충분한 근거가 있어 시행할 것을 권고함
B	(조건부) 시행하는 것을 권고함	해당 중재(검사)의 원하는 효과에 대한 근거는 중등도와 충분한 사이임. 중재(검사)를 선택적으로 제공하거나, 전보가 판단에 따라 특정개념에게 시행할 것을 권고함
C	시행하지 않는 것을 권고함	해당 중재(검사)의 원하는 효과에 대한 충분한 근거가 있어, 시행하는 것을 권고하지 않음(시행하지 않는 것을 권고함)
I	권고 없음 (no recommendation)	해당중재(검사)의 효과가 있거나 없다는 것에 대한 근거는 불충분하고, 효과에 대한 추가적인 연구가 필요함. - 해당중재(검사)의 효과에 대한 확신도가 매우 낮아 권고등급 결정 자체가 의미 없다고 판단되는 경우

〈표 4〉 방사선량의 상대적 수준과 예시

기호	방사선량의 상대적 수준 (Relative Radiation Level, RRL)	검사(중재) 예시
0	0	초음파 검사, 자기공명영상검사(MRI)
	< 1 mSv	흉부 X선검사, 일반촬영검사, 유방촬영검사
	1~5 mSv	요로조영검사(IVU), 상부위장관검사(UGIS), 저선량 흉부 CT(LDCT), 두부 CT, 뇌혈관조영 CT
	5~10 mSv	흉부 CT, 복부 CT, 관상동맥 CT
	> 10 mSv	복부 3중시계 CT(3 Phase dynamic CT)

[표2] 2021년도 전체 방사선관계종사자의 연간평균피폭선량 현황

□ 전체 방사선관계종사자의 연간평균피폭선량 구간별 분포

연간평균피폭선량구간 (mSv)	인원수 (%)	연간평균피폭선량 (mSv)	집단유도선량 (man · mSv)
≤ 0.1	72,980 (71.6)	0.04	3,136.38
0.1< ~ ≤0.2	8,425 (8.3)	0.15	1,242.41
0.2< ~ ≤0.3	4,180 (4.1)	0.25	1,047.04
0.3< ~ ≤0.4	2,588 (2.5)	0.35	909.05
0.4< ~ ≤0.5	1,825 (1.8)	0.45	827.32
0.5< ~ ≤0.6	1,359 (1.3)	0.55	748.70
0.6< ~ ≤0.7	986 (1.0)	0.65	643.67
0.7< ~ ≤0.8	828 (0.8)	0.75	622.26
0.8< ~ ≤0.9	681 (0.7)	0.86	582.71
0.9< ~ ≤1.0	532 (0.5)	0.96	508.20
1.0< ~ ≤2.0	3,262 (3.2)	1.42	4,646.18
2.0< ~ ≤5.0	2,695 (2.6)	3.13	8,444.10
5.0< ~ ≤20.0	1,537 (1.5)	8.63	13,269.89
20.0< ~ ≤50.0	81 (0.1)	26.69	2,161.64
> 50.0	5 (0.0)	88.54	442.72
합 계	101,964 (100)	0.38	39,232.27

[표2] (계속)

□ 2017년~2021년도 직종별 연간평균피폭선량 추이

단위: mSv

직종별	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
방사선사	0.99	0.94	0.95	0.86	0.82
의사	0.35	0.33	0.35	0.29	0.28
치과의사	0.21	0.18	0.18	0.16	0.15
치과위생사	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13
영상의학과전문의	0.27	0.25	0.26	0.21	0.19
간호사	0.22	0.20	0.20	0.18	0.15
간호조무사	0.28	0.24	0.26	0.24	0.24
업무보조	0.28	0.24	0.20	0.18	0.14
기타	0.22	0.31	0.24	0.19	0.19
전체	0.48	0.45	0.45	0.40	0.38

20.0< ~ ≤50.0	81 (0.1)	26.69	2,161.64
> 50.0	5 (0.0)	88.54	442.72



[표4] 2021년도 직종별, 지역별 방사선관계종사자 연간평균피폭선량 분포

직종	지역	인원수 (%)	연간평균피폭선량 (mSv)	집단유효선량 (man-mSv)
방사선사	서울	7,202 (23.3)	0.79	5,685.58
	부산	2,326 (7.5)	0.68	1,583.08
	인천·경기	8,237 (26.6)	→ 0.99	8,155.23
	대구·경북	3,146 (10.2)	0.68	2,144.92
	대전·충남	2,076 (6.7)	0.85	1,764.66
	충북	883 (2.9)	→ 0.91	793.45
	세종	177 (0.6)	0.54	95.18
	강원	822 (2.7)	→ 0.96	789.26
	광주·전남	2,151 (7.0)	0.78	1,676.58
	전북	1,123 (3.6)	→ 0.97	1,091.21
	울산·경남	2,414 (7.8)	0.65	1,572.89
	제주	388 (1.3)	0.61	237.69
	전국	30,945 (100)	0.82	25,444.31
의사	서울	6,010 (26.2)	→ 0.31	1,863.17
	부산	1,455 (6.3)	0.25	363.75
	인천·경기	5,637 (28.9)	→ 0.28	1,578.36
	대구·경북	2,032 (8.9)	0.21	426.72
	대전·충남	1,377 (6.0)	→ 0.30	413.10
	충북	658 (2.9)	→ 0.31	204.06
	세종	141 (0.6)	0.12	16.92
	강원	626 (2.7)	→ 0.34	212.84
	광주·전남	1,484 (6.5)	0.28	415.52
	전북	754 (3.3)	0.23	173.42
	울산·경남	1,453 (6.3)	0.22	319.66
	제주	324 (1.4)	→ 0.37	120.89
	전국	22,951 (100)	0.28	6,483.27

## 일반촬영 검사-좌우 바뀜 사고: Avoidable medical accident?

사회일반 : 사회 : 뉴스 : 한겨레

등록 2014-06-30 01:01  
수정 2014-06-30 09:15


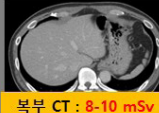

(단독) [ ] 병원, 좌우 바뀜 X-레이로 578명 '황당 진료'

의사를 이런 사실 모른 채 넉달간 치료...  
어린인 환자도 98명  
병원, 환자에게 숨기고 복지부에 보고도 안해

- 진단의학물리학자에 의한 주기적인 QA program 필요
- 환자영상 관리를 위한 QA/QC 팀 운영이 필요: 의사, 의학물리학자, 방사선사

하버드, Don-Soo Kim, PhD

## Contents

1	2	3	4
영상의학 장비 및 검사현황	영상의학 방사선 평가	영상의학 관련 의료 사고	영상의학 새로운 전개
 CT	 복부 CT : 8-10 mSv	Simple X-Ray 일반촬영 검사-좌우 바뀜 사고	Treatment using X-ray
	진단참고수준 가이드라인	MRI 진단용 방사선 피폭 보다 위험한 MRI 검사 사례	Radiogenomics
	영상진단 정당성 가이드라인		Radiomics
	의료방사선 중사 자와 방사선 피폭 현황		Big Data
			AI

## 진단용 방사선 피폭보다 위험한 MRI 검사 사례

MRI 기계에 산소통 끼여 60대 환자 숨져

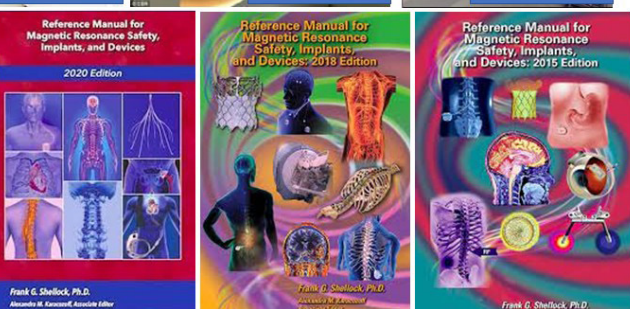
2021.12.29



경남 김해시의 한 병원 MRI실에서 기침 사고가 발생



2018년 인도 방사선사



Implant devices에 대하여 방사선사가 검사 가능한지 문의하면 Physicist 가 조언

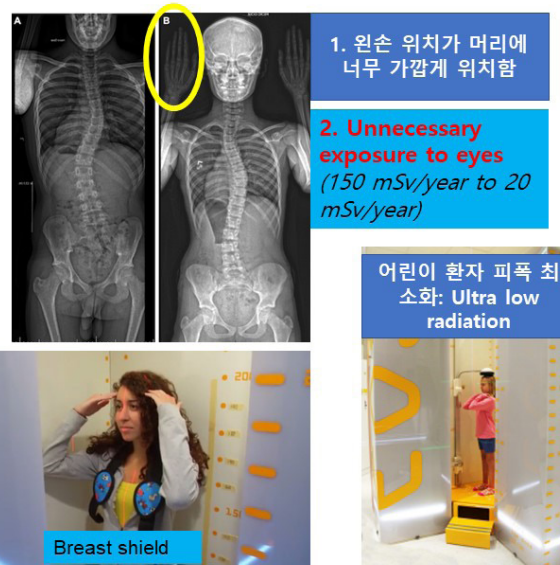


## What a diagnostic medical physicist typically do (미국)?

- Support equipment selection in purchase
- Perform radiation shielding design
- Estimate Radiation dose to patient and staff
- Acceptance / compliance Testing
- Supervise compliant QA / QC program
- Support application for accreditation
- Work for PQI projects or research
- Consult radiation concerns from staff and patients

하버드, Don-Soo Kim, PhD

## 영상의학물리학자의 consultations




## 영상의학의 새로운 전개

- 1. 진단용 검사가 치료효과를 보여주는 사례
- 2. 영상유전체학(Radiogenomics, Imaging-Genomics)
- 3. 방사선영상체학(Radiomics)
- 4. 영상 빅데이터와 표준화 작업
- 5. 인공지능의 출현과 의료현장에서 사용

Jong Hyo Kim J Korean Soc Radiol 2019;80(2):176-201

## Contents

1	2	3	4
영상의학 장비 및 검사현황	영상의학 방사선 평가	영상의학 관련 의료 사고	영상의학 새로운 전개
	 복부 CT : 8-10 mSv 진단참고수준 가이드라인 영상진단 정당성 가이드라인 의료방사선 중사 자와 방사선 피폭 현황	Simple X-Ray  MRI	Treatment using X-ray  Radiogenomics  Radiomics  Big Data  AI

## 1. 진단용 검사가 치료효과를 보여주는 사례

Original Article

### Treatment of Alzheimer Disease With CT Scans: A Case Report

Jerry M. Cuttler<sup>1</sup>, Eugene R. Moore<sup>2</sup>, Victor D. Hosfeld<sup>3</sup>, and David L. Nadolski<sup>4</sup>

Date (2015):	July 23	August 06	August 20	October 01
Dose (CTDIvol):	82.34	38.74	46.94	38.54
	(39.49 + 42.85)			

- a patient with advanced AD in hospice
- received **5 CT scans** of the brain, about **40 mGy each**, over a period of 3 months.
- The mechanism appears to be radiation-induced upregulation of the patient's adaptive protection systems against AD, which
  - partially restored **cognition, memory, speech, movement, and appetite.**

인지력 기억력 언어 움직임 식욕

Dose-Response:  
An International Journal  
April-June 2016:1-7  
© The Author(s) 2016  
Reprints and permissions:  
sagepub.com/journalsPermissions.nav  
DOI: 10.1177/1559325816640073  
dos.sagepub.com  
SAGE

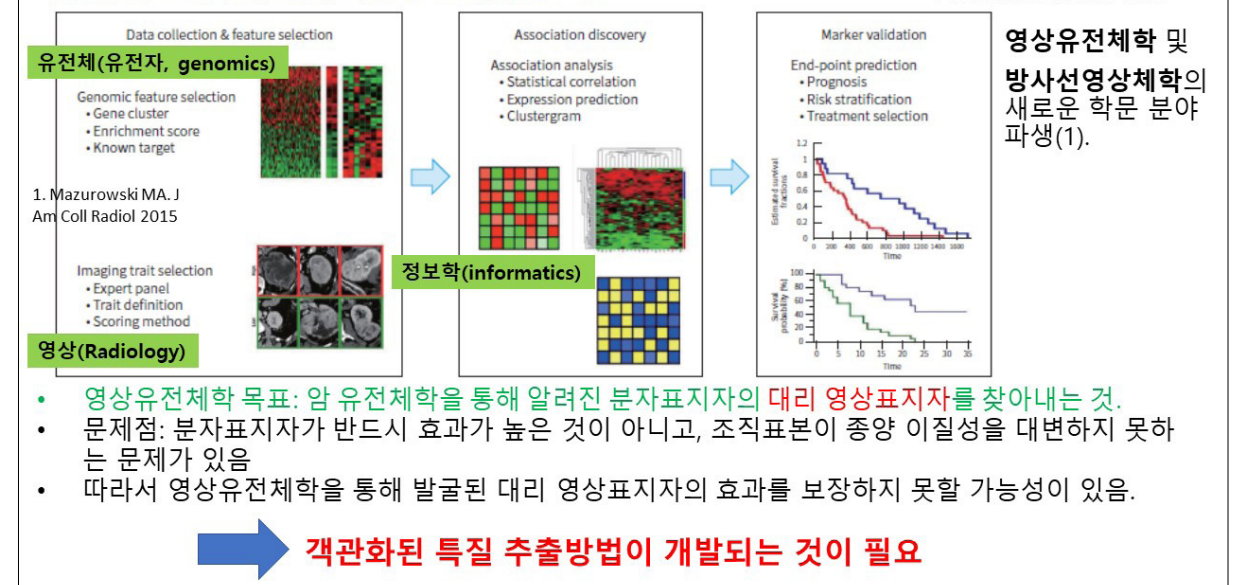




## 2. 영상유전체학(Radiogenomics, Imaging-Genomics)

Fig. 1. The figure illustrates a typical analytics procedure in radiogenomics research.

J Korean Soc Radiol 2019



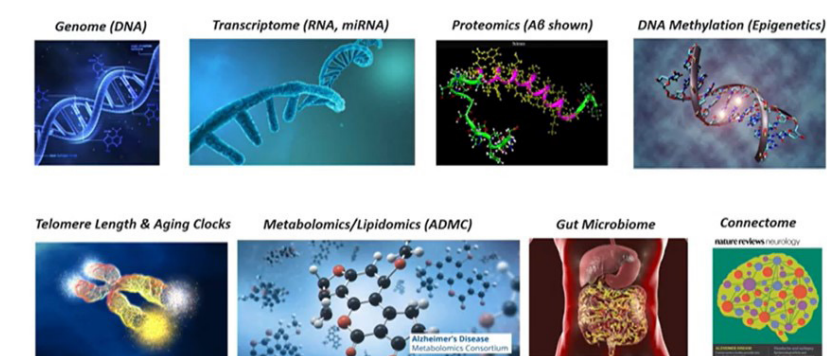
## 영상의학 범주에서의 치료 장비



## 3. 방사선영상체학(Radiomics): Cancers

J Korean Soc Radiol 2019

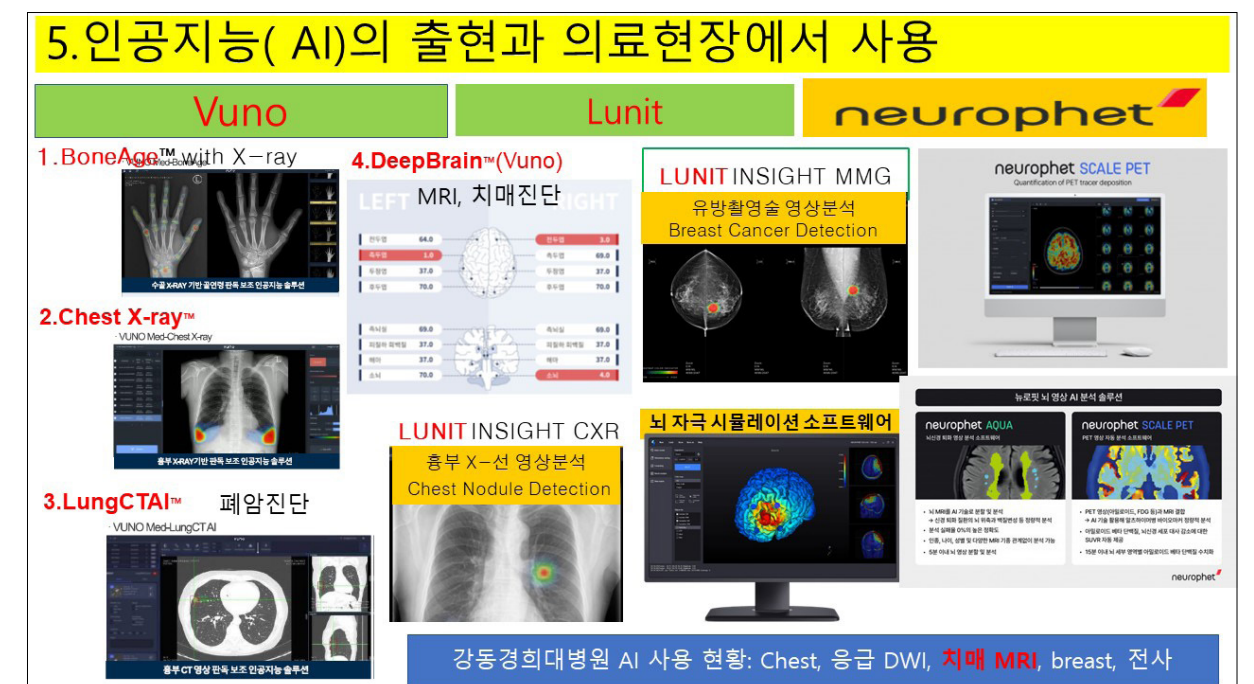
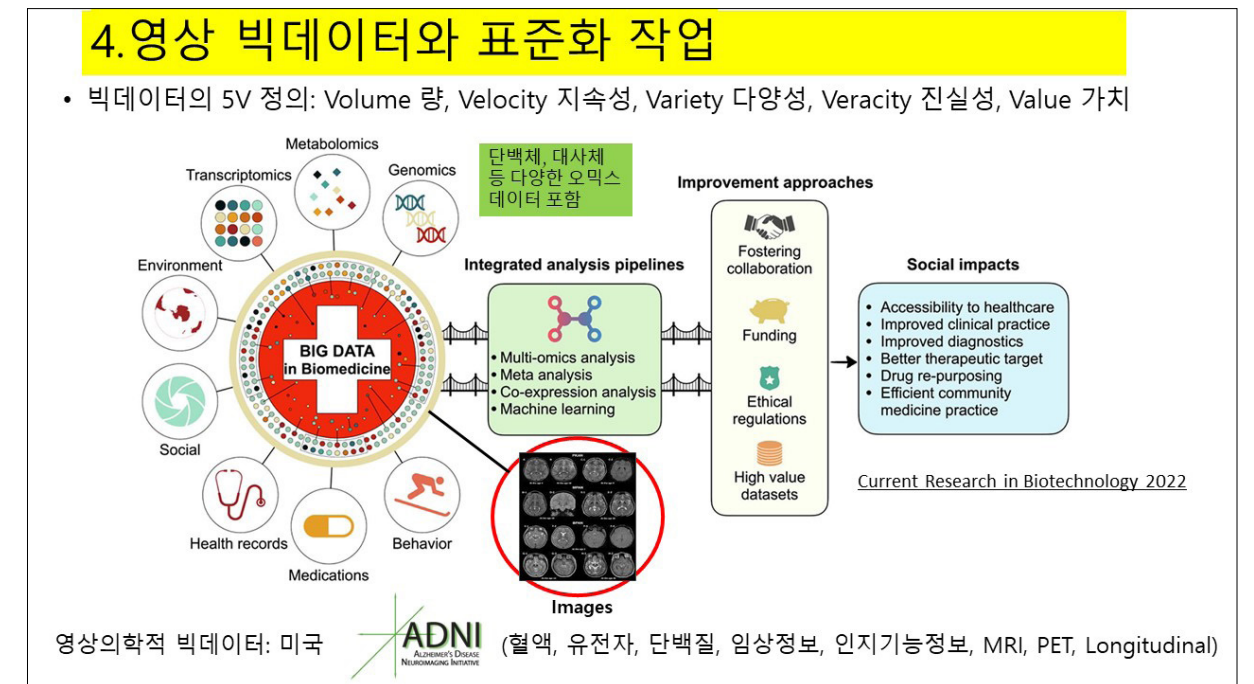
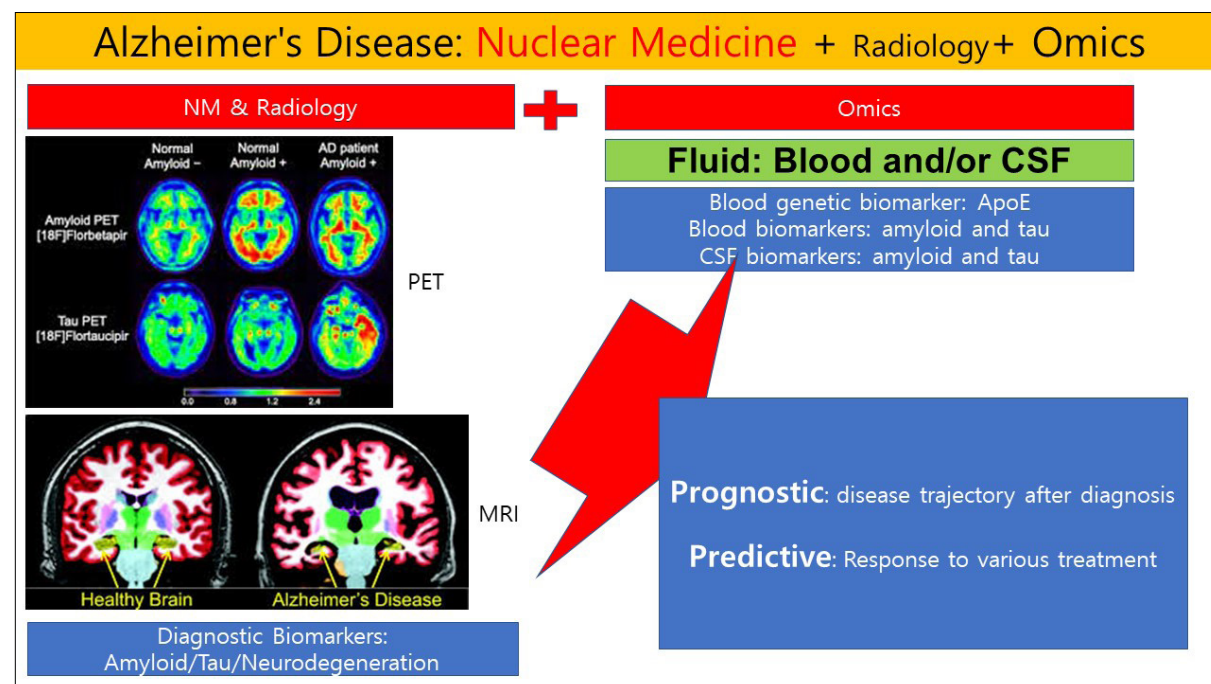
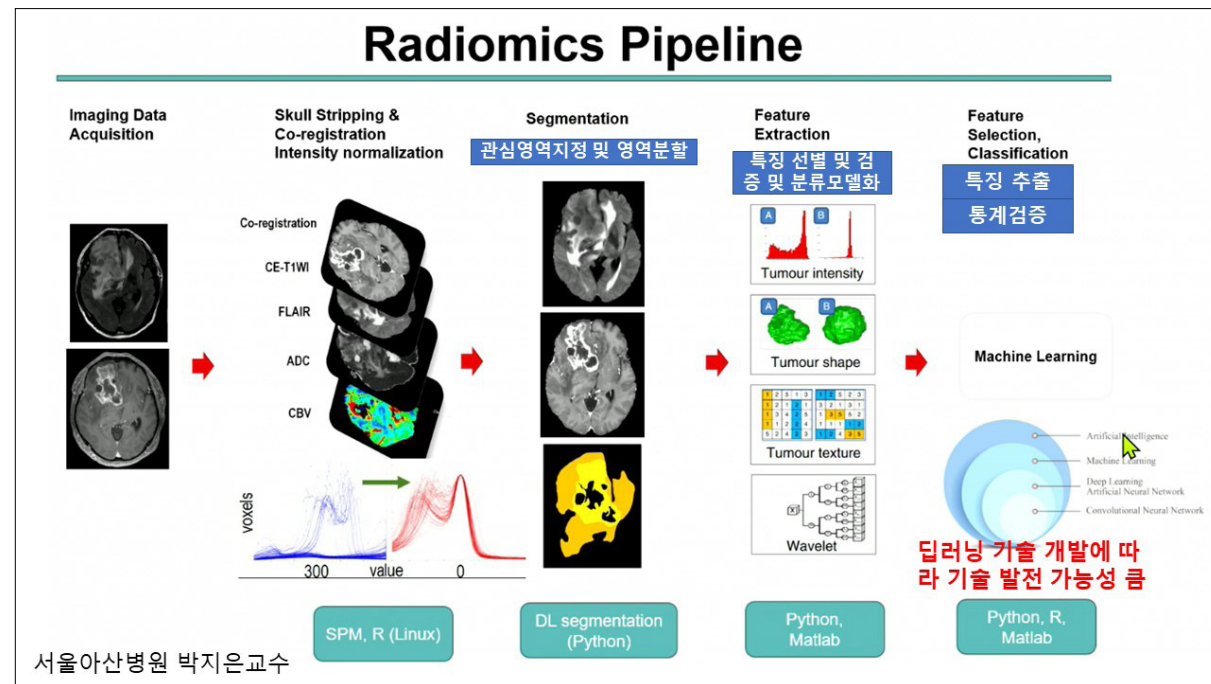
Multi-omics data enables a systems biology perspective



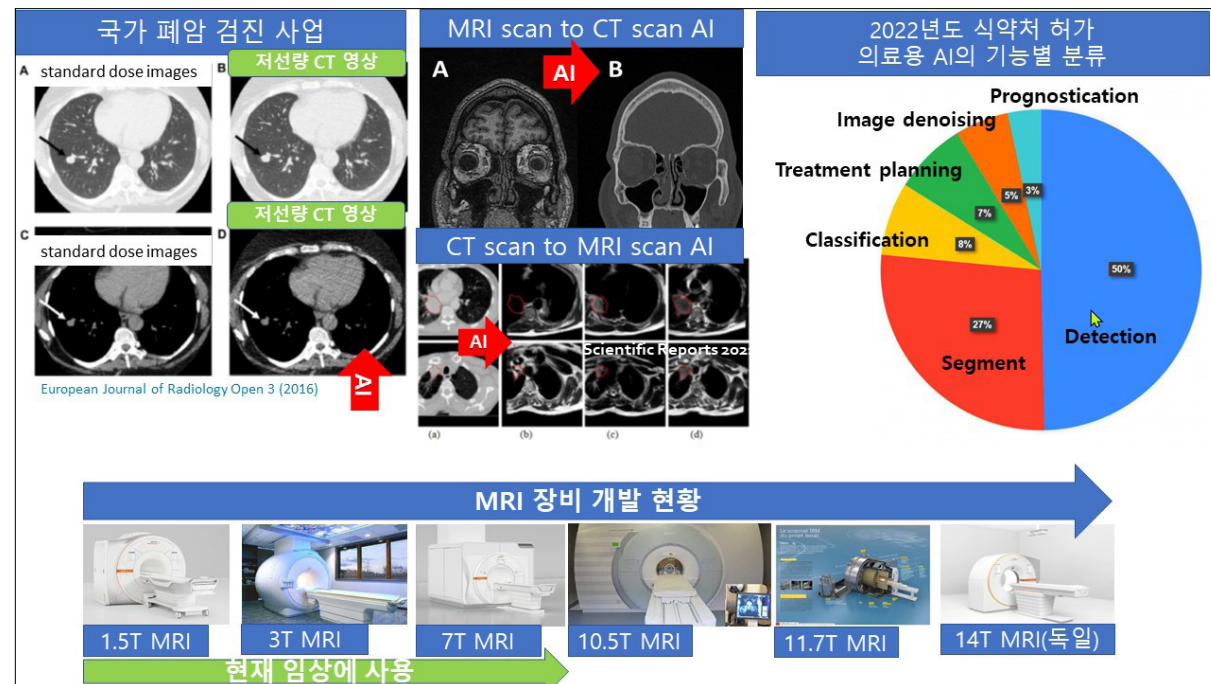
- 종양유전체 데이터 유무에 무관하게 영상표현
- 진단, 예후 예측, 치료방침 결정 등에 필요한 정량적 영상표지자를 발굴(1)
- 종양 영상의 분석에 국한된 연구가 주임

1. Gillies RJ, et al. Radiology 2016









KYUNG HEE UNIVERSITY HOSPITAL at GANGDONG

KYUNG HEE UNIVERSITY

한국의학물리학회 Korean Society of Medical Physics

경청해 주시어 감사합니다.

**감사의 글**

**원자력협의회 초청**

2023 원자력협의회 심포지엄

• 도와 주신 분들

- 김현철: 강동경희대병원 영상학과 교수(대한영상의학회 교육이사)
- 김광표: 경희대학교 원자력공학과 교수
- Don-Soo Kim: Boston Children's Hospital, Harvard Medical School, Boston, USA

7

## 강릉지역 명문가를 통해 바라본 혁신과 실용의 시사점

박상형 (송실대학교)





박 상 형  
송실대학교

■ 학력

1975 ~ 1978	강원도 거진중학교
1978 ~ 1981	서울 수도권전기공업고등학교
2000 ~ 2005	강원대/한국방송대학교
2005 ~ 2007	송실대 정보과학대학원
2012 ~ 2014	송실대 대학원

■ 경력

1981.02 ~ 2001.03	한국전력공사 차장
2001.04 ~ 2020.11	한국수력원자력(주) 간부
2020.11 ~ 2023.05	한국수력원자력(주) 경영부사장



강릉지역 명문가를 통해 바라본  
혁신과 실용의 시사점

송실대 IT대 컴퓨터학부 겸임교수  
(前)한국수력원자력 경영부사장  
박 상 형

Contents

Contents

- 1. 제국의 흥망
- 2. 동양과 서양
- 3. 조선
- 4. 강릉 명문가
- 5. 스승과 제자
- 6. 시사점

Ph.D. 박 상 형

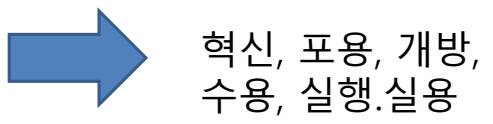
강사소개 (박상형)



- ◆ 1981년 한국전력공사 입사~2023년 한국수력원자력 경영부사장(관리본부장 겸) 퇴임
- ◆ 현재 : 숭실대 IT대학 컴퓨터학부 겸임교수 (공학박사)
- ◆ 주요 보직 및 경력 사항
  - '20년11월26일~'24년4월24일 한수원 경영부사장 / 신사업본부장 겸직('21.6.~ '21.11) / 그린에너지본부장 겸직('21.11~ '22.12)
  - '20년4월~'20년11월, 디지털혁신추진단장 (4차산업 원전 디지털혁신, 스마트씨티)
  - '18년4월~'19년8월, 노무처장 (노사협안, 정규직전환)
  - '16년6월~'18년4월, 천지원전건설준비실장 (영덕 신규원전예정구역 부지매입, 인허가, 민원)
  - '12년3월~'16년6월, 사이버보안팀장 (원전 사이버테러 위협)
  - '09년1월~'12년3월, 정보시스템실 정보계획팀장 (UAE ICT 수출)
  - '00년1월~'08년8월, 한수원 발족준비처/ERP추진실/정보화추진실 (한수원 분사 발족, ERP 구축)
  - '99년1월~'00년1월, 한전 정보시스템처 정보기획부 (IMF 한전 구조조정, 전력산업 구조개편)
  - '81.2월, 한전(한국전력株式会社→한국전력公社) 전자계산소 사원 (정부 S/W 경진대회 은상, 정보통신 자회사 설립, OA 도입)

1. 제국의 흥망

- 페르시아 (BC550 ~ BC250, 다리우스 대왕)
- 로마 (BC27 ~ AD330 & 1453)
- 몽골 (AD1206 ~ 1635)
- 포르투갈, 스페인
- 네델란드
- 영국
- 미국
- 중국은???
- 그리고 우리나라???

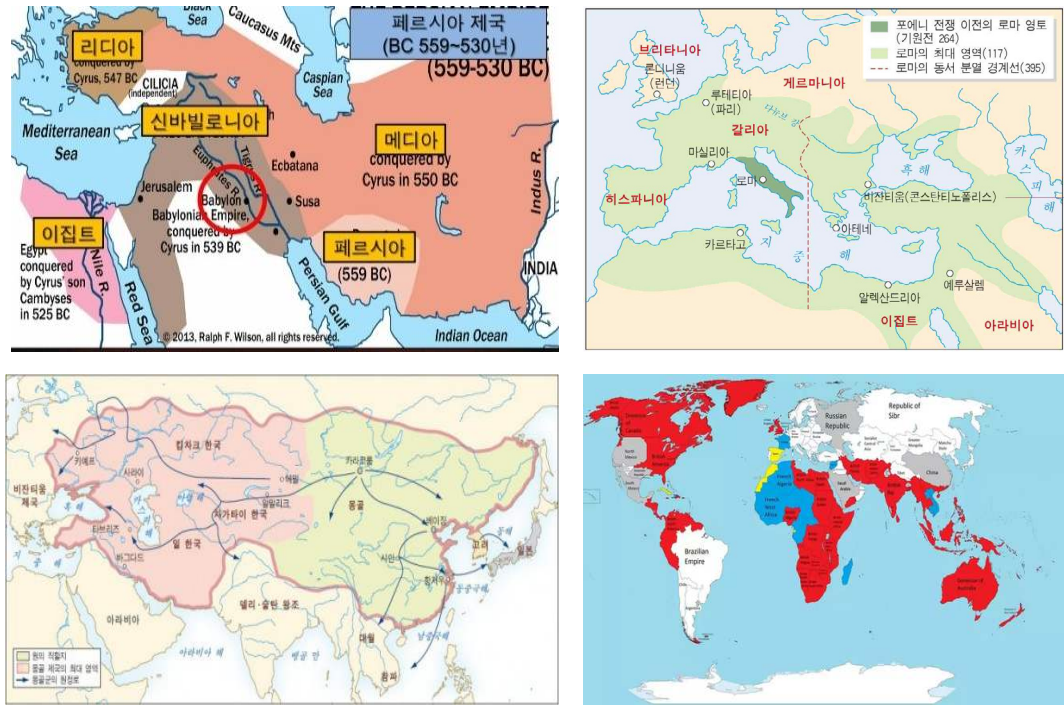


혁신, 포용, 개방,  
수용, 실행.실용

강원도와 박상형

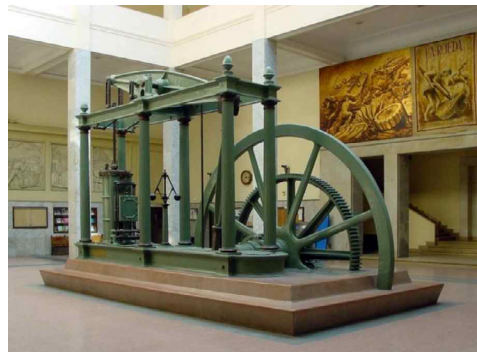


참고) 제국 전성기 영토

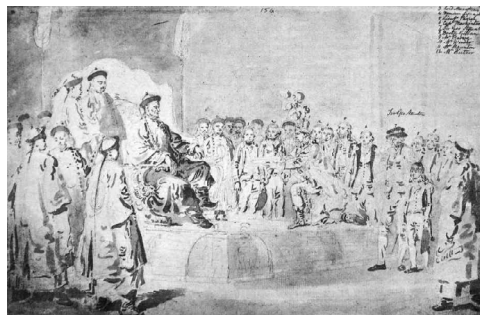




2. 동양과 서양



영국 산업혁명(1760년~1820년)



영국-청 수교요청(1793년),



아편전쟁  
(1840년~1860년)

3. 조선



병자호란(1637년, 삼전도비)



만동묘(1703년), 대보단(1705년)



청나라 조선사행단,  
박지원(정조) 열하일기(1780년)

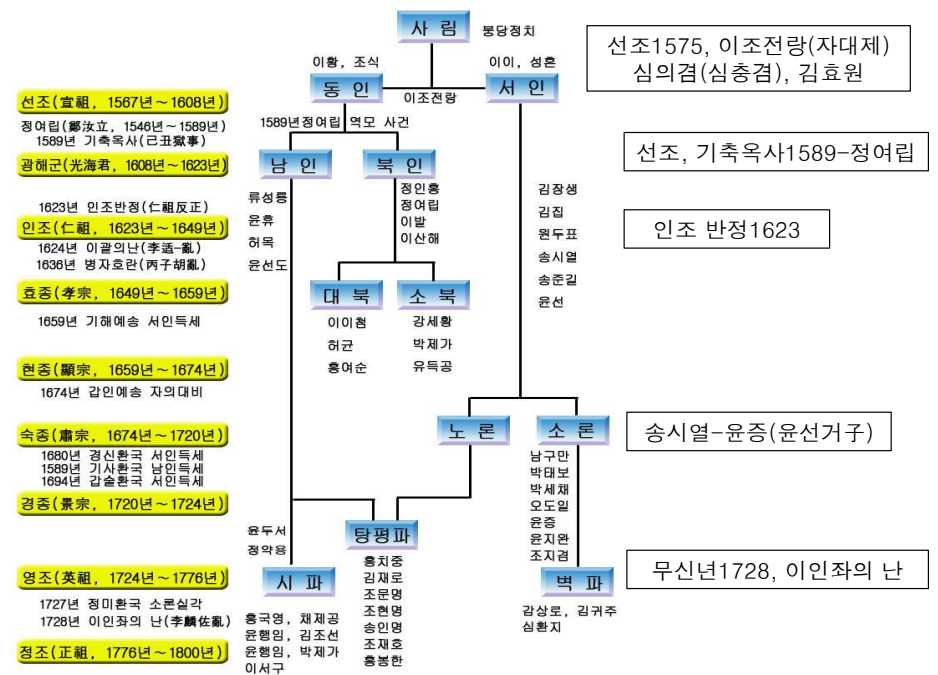
- 1류선비 : 오랑캐
- 2류선비 : 거대한 장관
- 3류선비 : 깨진 기와조각, 동거름

4. 강릉 명문가

1. 한국 문향의 고장



참고) 조선의 봉당과 지역의 영향





## 4. 강릉 명문가

2. 오죽헌, 초당



11

## 4. 강릉 명문가

3. 김시습(강릉 金)-2

### 김시습을 읽는 키워드

- 시습(時習)-논어 '學而時習之 不亦說乎', 최치운(신사임당 어머니 외조부)
- 외가의 영향, 어머니, 성균관 근처, 외할아버지 가르침
- 5세 동자, 8개월부터 글 관심, 3세에 시 지음, 금오신화-한문소설(경주 금오산)
- 정승 허조, 노(老) : 老木開花心不老(노 목 개 화 심 불 노)'늙은 나무에 꽃피니 마음은 늙지 않았네'.
- 세종 : 成王之德 黃龍翻碧海之中(성왕지덕 황룡번백해지중) '어진 임금의 덕이 마치 황룡이 푸른 바다를 뒤덮는 듯하다.'(세종 비단 50필 하사)
- 밤하늘의 별 숫자
- 세조\*, 김시습 - 사육신 사체수습, 노량진 묘, 공주 동학사 제사 목인
- 유(梅月堂).불(雪岑).도(淸寒子) 통섭의 대학자,
- 조선 천재(김시습, 이이-선조, 매월당집-김시습 일대기 지음)
- 현존하는 초상화가 가장 많은 조선시대 학자
- 一日不作 一日不食 - 실천적 삶
- 人人生也直 - 현실의 폭력 앞에 깨어있는 지성, 현실 참여



13

## 4. 강릉 명문가

3. 김시습(강릉 金)-1



경주 기림사 김시습 초상



경주 금오산(남산)

**김시습**(金時習, 1435년 ~ 1493년, 강릉 유아기)

- 생육신, 호(매월당 梅月堂) 법명(설잠 雪岑), 부여 무량사에서 사망
- 세조 계유정란 이후 수락산, 설악산, 금오산(남산) 등 관서·관동·삼남 지방을 두루 다니면서 글을 짓고 백성들의 삶을 체험하고 살핌
- 생육신(김시습, 원호, 이맹전, 조려, 성담수, 남효온)
- 사후 종종 이조판서를 추증, 선조 김시습 전기(이이) 간행, 숙종 해동의 백이(伯夷)라 명칭하고 집의 벼슬 추증
- 남효온, 유응부 등과 함께 영월의 육신사, 공주 동학사 숙모전 배향됨

12

## 세조 전설과 유적)



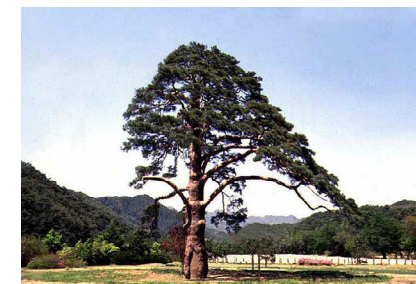
관대걸이(오대산 상원사 입구)



오대산 상원사 고양이 석상



오대산 상원사 문수전  
- 문수동자 세조 목욕  
- 문수동자 상



속리산 법주사 정이품송

- 오대산
- ✓ 목욕소(선제길)
- ✓ 묘답전(월성사)



14



4. 강릉 명문가

4-1. 교산 허균-1



허균 초상, 강릉 초당 허균 기념관/생가터

경기 용인 허균가족 묘, 부친 초당허엽 비석

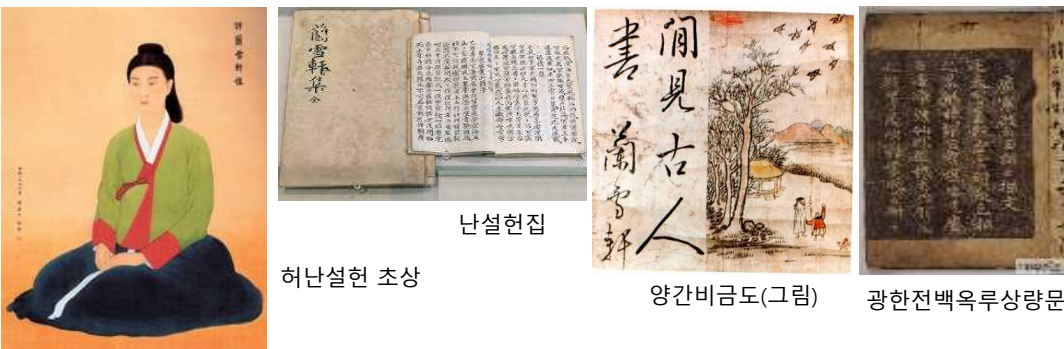
**허균**(許筠, 1569~1618), 호는 교산(蛟山)·성소(惺所), 강릉 사천에서 태어나 초당에서 성장, 1618년(광해군 10) 8월 남대문 격문 사건 역모죄로 사망

- 평생 강릉에 대해 남다른 애정, 1596년 강릉부사 정구와 함께 "강릉지" 간행
- 의정부좌참찬 겸 예조판서, 명나라에 정부사로 다섯차례 다녀옴(시문외교)
- 시문에 뛰어났고, 최초 한글소설『홍길동전』 문집『성소부부고』 출간
- 청나라 침략 예언 대비책 피난길 제시, 최초로 천주교 서적을 가져와 천주교 처음 소개
- 허균의 가족(父허엽, 형 허성 허봉, 누이 허난설헌, 허균) 당대에 '허씨 5문장가'로 불림
- 朝鮮詩選(명 오명재-현재 중국국가도서관 소장, 선조33년)-신라 최치원, 고려 이규보 정몽주, 조선 정도전 허균 허난설헌 112명의 시 340수(난설헌 시 58수, 허균 시 15수)
- 학문은 유성룡(柳成龍)에게, 시는 이달(李達-서자)에게 배움

15

4. 강릉 명문가

4-2. 허난설헌



난설헌집

허난설헌 초상

양간비금도(그림)

광한전백옥루상량문

**허난설헌**(許蘭雪軒, 1563년~ 1589년) 본명 초희(楚姬), 시인 작가 화가

- 1608년(선조 41년) 난설헌집(蘭雪軒集) 명나라에서 출간, 청/일본-출간 널리 알려짐
- 시 300여 수, 산문, 수필 중 213수 정도 전해 내려옴(난설헌집 조선시선)
- 글재주 뛰어난 신동, 아름다운 용모와 천품, 불운한 조선중기 여류 천재 문인 - 본인 태생적 한계(소천지 조선, 여성, 김성립 아내)
- 도교 영향(광한전백옥루상량문-廣寒殿白玉樓上梁文, 8세)
- 오빠와 동생 틈바구니에서 글을 배우고 부친이 직접 글 서예 그림 가르침
- 사후 남편 김성립이 증 이조참판에 추증되어 허난설헌 정부인(貞夫人)으로 추증

17

4. 강릉 명문가

4-1. 교산 허균-2

허균의 사상과 키워드

- 선조 임진왜란 명나라 시문외교 기여, 광해군의 총애로 성장 질시 역모로 사망
- 누이 허난설헌 문집(蘭雪軒集) 출간(명나라 朱之蕃 중국에서 간행, 격찬 받음, 일본전파)
- **사회제도의 모순과 정치적 부패상을 질타하고, 정치사회개혁을 주장하는 삶을** 살다  
정치적인 음해로 인하여 목숨을 잃게 되었다.
- 개혁적인 정치사상가, 국방이론가, 진보적 종교가, 문학가 등 다양한 수식어와 평가.
- **성소부부고**(惺所覆瓿藁) 문집(총 26권 8책, 11권 내용)  
(學論): 학문의 목적과 진위를 논함  
(政論), (官論): 정치의 목적, 관직 제도를 논함  
(兵論): 군사 제도를 정비하여 국방을 강화를 논함  
(遺才論): 모순된 제도에 의한 차별 지적, 바람직한 인재 등용을 논함-홍길동전  
(豪民論): 백성을 항민(恒民), 원민(怨民), 호민(豪民)으로 나누면서 민심의 무서움을 논함  
☞ 왕조와 사회의 모순을 비판, 개혁방안을 제시했다.  
☞ 내정개혁을 주장, 백성들의 복리증진을 정치의 최종목표  
☞ 적서차별의 부당함과 부패관료 규탄, 사회비판적인 의식
- 홍길동전(16C후~1618출간) / 토머스 모어(1478~1535, 유토피아 출간, 헨리8세 총애/질시)



16

4. 강릉 명문가

5. 신사임당



오죽헌 (신사임당 이이 생가)

작품-초충도

작품-병풍 초서

신사임당 초상(표준영정)

**신사임당**(申師任堂, 1504년~1551년) 본명 인선(仁善)?, 문인 유학자 서화가 시인

- 강릉 출생, 조선시대의 대표적 성리학자 경세가 문신 **율곡 이이(李珥)의 어머니**
- 효성이 지극하고 지조가 높았으며, 자녀 교육 남다른 노력으로 실천 훈육 가르침 엄격
- 어려서부터 경문(經文)을 익히고, 문장, 자수(刺繡)에 능하고, 시문(詩文)과 그림(山水 草蟲도草蟲圖)에 뛰어나 여러 편의 한시(漢詩)와 그림이 전해지고 있음
- (율곡 이이 벼슬) 남편 이원수는 의정부 좌찬성 추증, 신사임당 정경부인 추증
- 큰딸 이매창(梅窓)-시 그림, 넷째아들 이우(李瑀)-거문고 글씨 시 그림(사절四絶)
- 현모양처(賢母良妻)의 귀감(龜鑑), 남편 정치적 방향(기묘사화) 조언

18

신사임당

신사임당과 남편 이원수의 대화 (가상)  
영조시기 정래주(鄭來周)의 동계만록(東溪漫錄) 수록

- ◆ 신사임당 : 제가 죽은 뒤에 당신은 다시 장가를 들지 마시오. 우리에게 아들 다섯, 딸 셋, 8남매의 자녀가 있는데, 다른 자식이 필요하며 또 다시 무슨 자식을 두어 '예기(禮記)'에 가르친 훈계를 어길 수가 있겠소?
- ◆ 이원수 : 공자(孔子)가 아내를 내보낸 것은 무슨 예법에 합하는 것이요?
- ◆ 신사임당 : 공자가 노(魯)나라 소공 때 난리를 만나 제나라 이계라는 곳으로 피난을 갔는데, 그 부인이 따라가지 않고 송나라로 갔기 때문입니다. 그러나 공자가 그 부인과 다시 동거를 하지 아니했을 뿐 아주 내쫓았다는 기록은 없소.
- ◆ 이원수 : 공자가 아내를 내친 기록이 없다? 그러면 증자(曾子)가 부인을 내쫓은 것은 무슨 까닭이요?
- ◆ 신사임당 : 증자의 부친이 찢 배를 좋아 했는데 그 부인이 배를 잘못 찢서 부모 봉양하는 도리에 어긋남이 있었기 때문에 부득이 내쫓은 것입니다. 그러니 증자는 한 번 혼인한 예의를 존중하여 다시 새 장가를 들지는 아니한 것입니다.
- ◆ 이원수 : 주자(朱子)의 집안 예법에는 이같은 일이 일어났지 않소?
- ◆ 신사임당 : 주자가 47세 때 부인 우씨가 죽고 맏아들 숙은 아직 장가를 들지 않아 살림할 사람이 없었지만 다시 장가를 들지는 않았습시다.

\* 공자(孔子), 안자(顔子), 증자(曾子), 자사(子思), 맹자(孟子) - 동양 오성(五聖)

4. 강릉 명문가

6. 율곡 이이-2

율곡이이 철학과 사상\* - 개혁과 실용(시무時務) 실천(무실務實) 주장

- 변법경장(變法更張) 주장-조선 개국 초기의 자세로 돌아가 개혁 주장  
문벌이나 출신보다는 능력 있는 사람 기용, 신분을 가리지 말고 폭넓게 인재 양성, 외척의 권력 집중화 배제, 지방 수령 자질 향상, 봉당 배제, 사림 공론 존중, 세금제도 개선, 왕실 사유재산 억제 경비 저감, 빈민 구제 등
- 군제 개혁  
어진이 등용, 군대와 백성 제대로 육성, 재용(財用) 확보, 국경 방비, 전쟁 대비 군마(軍馬) 확보, 10만 양병론
- 공직개혁  
군적 정비, 지방 군현 합병, 불필요 공직자 축소(실직外 품계 회수), 국가 지출 저감, 관찰사 임기 보장
- 실용적 개혁 실천  
서얼 제도 폐지 - 신분에 관계없이 능력 평등하게 공직 발탁  
'찬집청'(纂輯廳) 신설 - 국가 각종 서적 편찬 사업 주관  
'경제사(經濟司)' 신설 - 국가 경제 문제 전담 부서  
당색을 초월해서 인재 구하고  
양반에게 동등한 군역 부과, 병력증강

\* 율곡집 - 이이(李珣)의 문집을 제자들이 집대성해 간행, 총 44권 38책. 1611년(광해군 3년), 율곡전서 - 1742년(영조 18년) 기존 문집에 성학집요 격몽요결 등을 추가 수록 간행

4. 강릉 명문가

6. 율곡 이이-1



**율곡(栗谷) 이이(李珣, 1536년~1584년)** 강릉 오죽헌 출생, 문신 성리학자, 이조판서

- 8세 한시 짓고, 13세 때에는 진사 초시 합격, 29세 장원 급제 '구도장원공(九度壯元公)'
- 외갓집(신사임당 조상) 제사 모심-서울 수진방 기와집 외조모 유산
- 조광조 직계 백인걸 사사, 퇴계 이황 학문적 스승 교류, 조식 성혼 정철 등 학문 교류
- 서인(西人) 영수, 문묘 종사 종묘 배향 6현(이언적, 이황, 송시열 등), 시호 문성(文成)
- 시의와 실행(시무時務, 무실務實) 역설, 봉당 대립 해소 노력, 서얼 차별 완화, 민생문제 대동법 사창제 등 실사구시 주장, 이기일원론 주장
- 사가독서.동호독서당 '동호문답(東湖問答)' 간행(송강 정철)제자들 '율곡선생전서'(38권)

5. 스승과 제자

플라톤	아리스토텔레스
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 형이상학 세계</li><li>▪ 이성(이성)에 의한 윤리적 국가를 역설</li><li>▪ 자아인식에 의한 선민 세계관</li><li>▪ 철인(哲人)에 의한 정치 지지</li><li>▪ 공화적 대중정치 혐오</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 물리적 세계가 유일한 실재</li><li>▪ 경험론적 현실주의 철학 역설</li><li>▪ 개인의 이익과 행복 자유롭게 추구</li><li>▪ 대중에 의한 민주주의 정치</li><li>▪ 공화적 국가 주장</li></ul>

퇴계 이황	율곡 이이
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 자기내면 수양 자아완성, 형이상학</li><li>▪ 이기지학</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 사회경제적 제도 개혁, 현실참여</li><li>▪ 이기보완적, 외면의 성과</li></ul>



## 스승과 제자)



아테네학당(라파엘로)



소크라테스



플라톤/아리스토텔레스



퇴계 이황 / 율곡 이이

23

## 6. 시사점

2. 오늘 그리고 내일 우리는???

아테네 지도자, 페리클레스 - 펠로폰네소스 전쟁 전몰자 추도 연설 중  
(투퀴디데스 지음, '펠로폰네소스 전쟁사'에서)

여러분들은 이 나라의 힘을 하루하루 말이 아닌 행동으로 기리고, 그것을 사랑하는 사람이 되어야 합니다. 그리고 이 나라가 위대하다고 생각하게 되었을 때 여러분은 이것을 명심해야 합니다. 즉, 이것들을 획득한 사람들은 용감했고, 소임을 알고 있었으며 행동에 있어 수치가 무엇인지를 아는 사람들이었음을 말입니다. 또 자신들이 뜻한 바가 실패로 돌아가도, 나라가 자신들의 덕을 빼앗아 갔다고 여기지 않고 오히려 최선의 헌신을 나라에 바친 것이라고 여겼던 사람들이었음을.

나는 먼저 우리 선조에 관해 언급하려 합니다. 이런 기회에 그분들을 기억함으로써 그분들의 명예를 높여드리는 것이 정당하고 적절하기 때문입니다. 오늘날에 이르기까지 그분들이 대대로 이 나라를 차지하고 살지 않은 적은 한 번도 없었는데, 우리가 자유국가를 물려받은 것은 그분들의 용기 덕분입니다. 그분들도 분명 칭찬받을 만하지만 우리 아버지들은 더욱 칭찬받을 만합니다. 우리 아버지들은 노고도 불사하며 자신들이 물려받은 것에 지금 우리가 다스리는 제국 전체를 보탠 다음 지금 세대를 사는 우리에게 물려주었습니다. 여기 모인 나이 지긋한 우리는 대부분의 분야에서 제국의 힘을 강화하고 모든 면에서 도시를 정비하여 전시에나 평화 시에나 완전히 자족할 수 있게 해놓았습니다.

25

## 6. 시사점

1. 한국의 발전

❖ 마케팅 : 새마을 운동("잘 살아 보세!")

❖ 기반시설 (기초체력)

- 산업소재 : 철(포스코)
- 공업용수 : 물(수자원공사)
- 에너지공급 : 전기(한국전력공사)
- 물류 : 철도(도로공사), 고속도로( 철도공사), 항만



❖ 산업화 (성장단계)

- 경공업 : 경박단소(의류, 완구)
- 중공업 : 중후장대(중공업, 자동차)



❖ 고도화, 일류화, (선도국)

- 에너지 : 원자력(고리1호기, 경수로 → OPR1000, APR1400, SMR), 수소, 신재생
- 산 업 : 반도체, 전자
- 소프트웨어 : K-Pop, 소프트웨어, 4차산업, 디지털혁신

- 24 -

감사합니다 !

26

# 2023 원자력협의회 심포지엄

주최 | 원자력협의회

주관 | 한국원자력학회