

An Evaluation of Long-term Protective Actions using the MACCS Code

KNS Spring, 2018

ICC JEJU

Jeju, Korea



2018. 5. 18

한양대학교 원자력안전해석연구실

서 예 인

Contents

1. Introduction

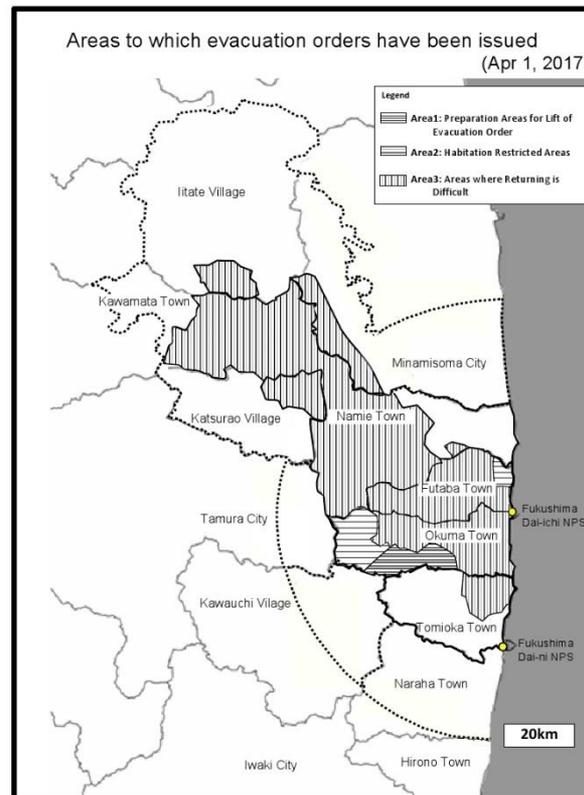
2. Methods and Results

- 1) Code & Base Model
- 2) Evaluation of Domestic Criteria
- 3) Comparison with Overseas Criteria

3. Conclusion

Introduction

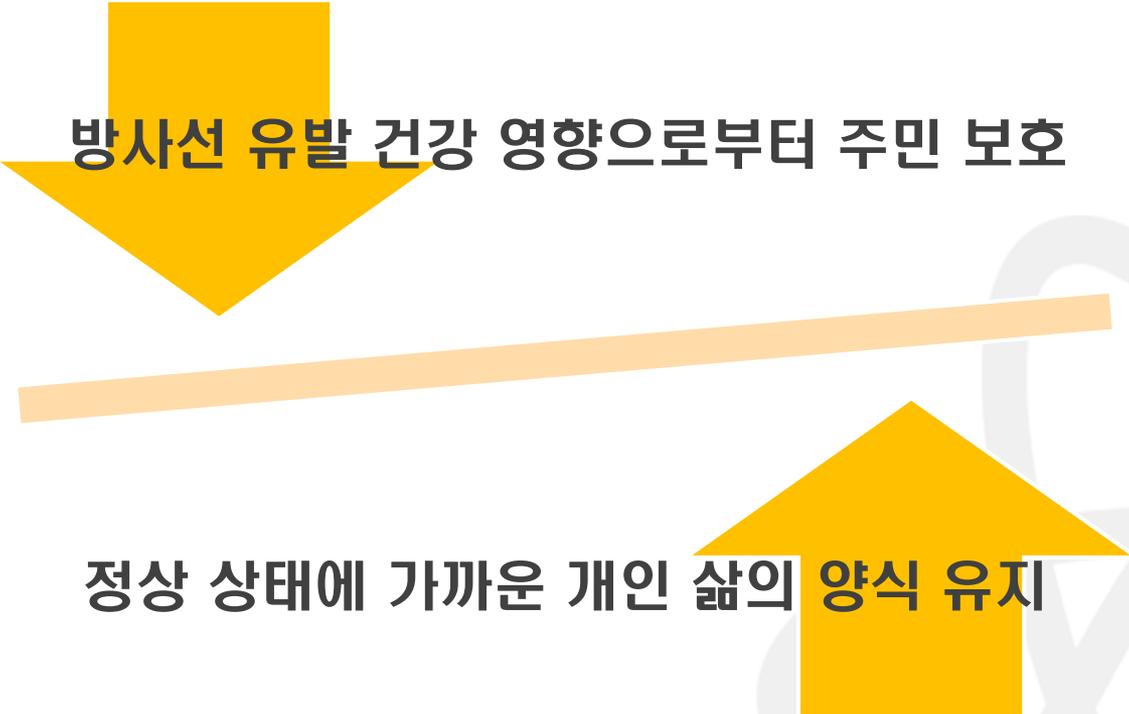
중대사고로 인한 방사성 물질의 환경 방출 ➡ 주변 지역, 주민에 장기간 영향
 적절한 **중장기 주민보호조치 전략 및 기준 필요**



1) Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan. "Areas to which evacuation orders have been issued", 2017.

Introduction

- 중장기 주민보호조치의 기본 개념



방사선 유발 건강 영향으로부터 주민 보호

정상 상태에 가까운 개인 삶의 양식 유지

➔ 사회, 경제, 정치적 인자를 고려한 방호 최적화 필요 (ALARA₁₎)

1) As Low As Reasonably Achievable

Introduction

• Application of L3 PRA

국내 중장기 주민보호조치 기준

- IAEA Safety Series No.109 (1994)¹⁾ 적용
- 국내 특성 자료 & Cost-Benefit Method 통한 국내 적용성 검토²⁾

더욱 상세한 재평가 및 검토 위해, 사고 시 시나리오 반영 필요

➔ L3 PRA³⁾의 적용

방사성 물질의 환경 방출로 인한 소외 결말을 평가
; MACCS – Computation Code for L3 PRA

거주성과 관련된 국내 중장기 주민보호조치 기준을 국내 원전 사고 시나리오에 반영한 소외 결말 분석 & 해외 기준을 통한 결과와 비교

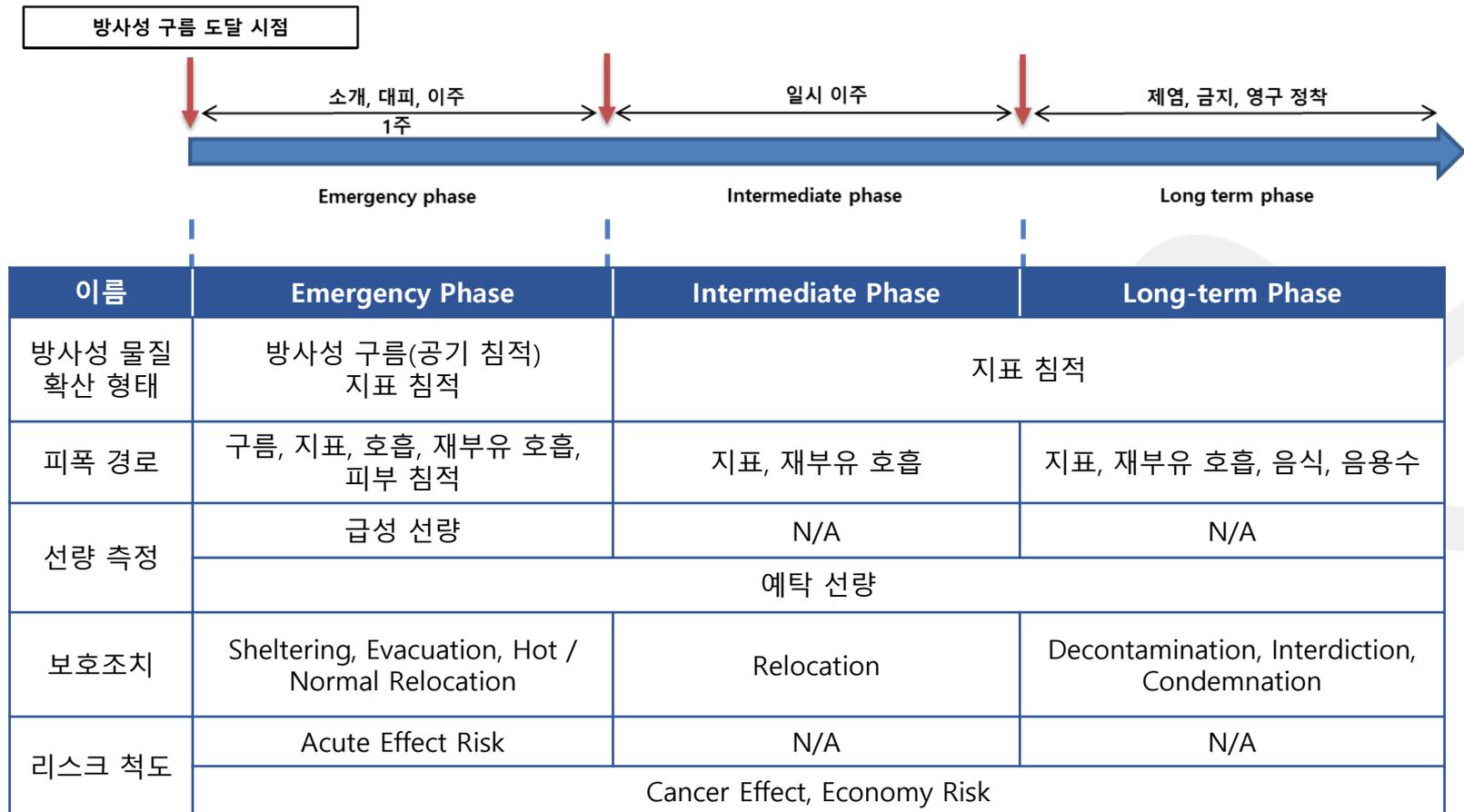
1) International Atomic Energy Agency. "Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency", Safety Series No. 109, Vienna, 1994.

2) 한국원자력안전기술원, "방사선비상시 대응기술 개발 - 방사선비상 개입준위 기준", KINS/HR-187, 2001

3) Level 3 Probabilistic Risk Assessment, 3단계 확률론적 안전성 평가

Code & Base Model

• MACCS Code



Code & Base Model

• Base Model

- 참조 노형: OPR1000
- 고리부지 2009년 기상자료
- KOSIS¹⁾ 2010년 인구자료
- 경제성, 제염 관련 인자: KAERI/RR-4225/2016²⁾
- 국내 자료 부족 인자: SOARCA (NUREG/CR-7009)³⁾
- NSTAR-18NS12-24 (TBD)⁴⁾

1) Korean Statistical Information Service, 국가통계포털

2) 한국원자력연구원, “극한위험요인 종합 리스크 평가 및 사고관리 기술 개발 - 다수호기 리스크 종합 평가 기술 개발”, KAERI/RR-4225, 2016.

3) U.S. Nuclear Regulatory Commission, “MACCS Best Practices as Applied in the State-of-the-Art Reactor Consequence Analyses (SOARCA) Project, 2014.

4) 제무석 외 “규제경증용 단일호기 Level 3 전출력 내부사건 PSA 모델 인자 분석” NSTAR-18NS12-24 TBD

Evaluation of Domestic Criteria

- 국내 중장기 주민보호조치의 결정기준
 - 원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법 시행규칙, 별표 4

주민보호조치	결정기준
일시이주	30 mSv/처음 1개월, 10 mSv/그 다음 1개월 (1개월은 30일을 기준으로 함)
영구정착	1 Sv/평생 (평생은 70년을 기준으로 함)

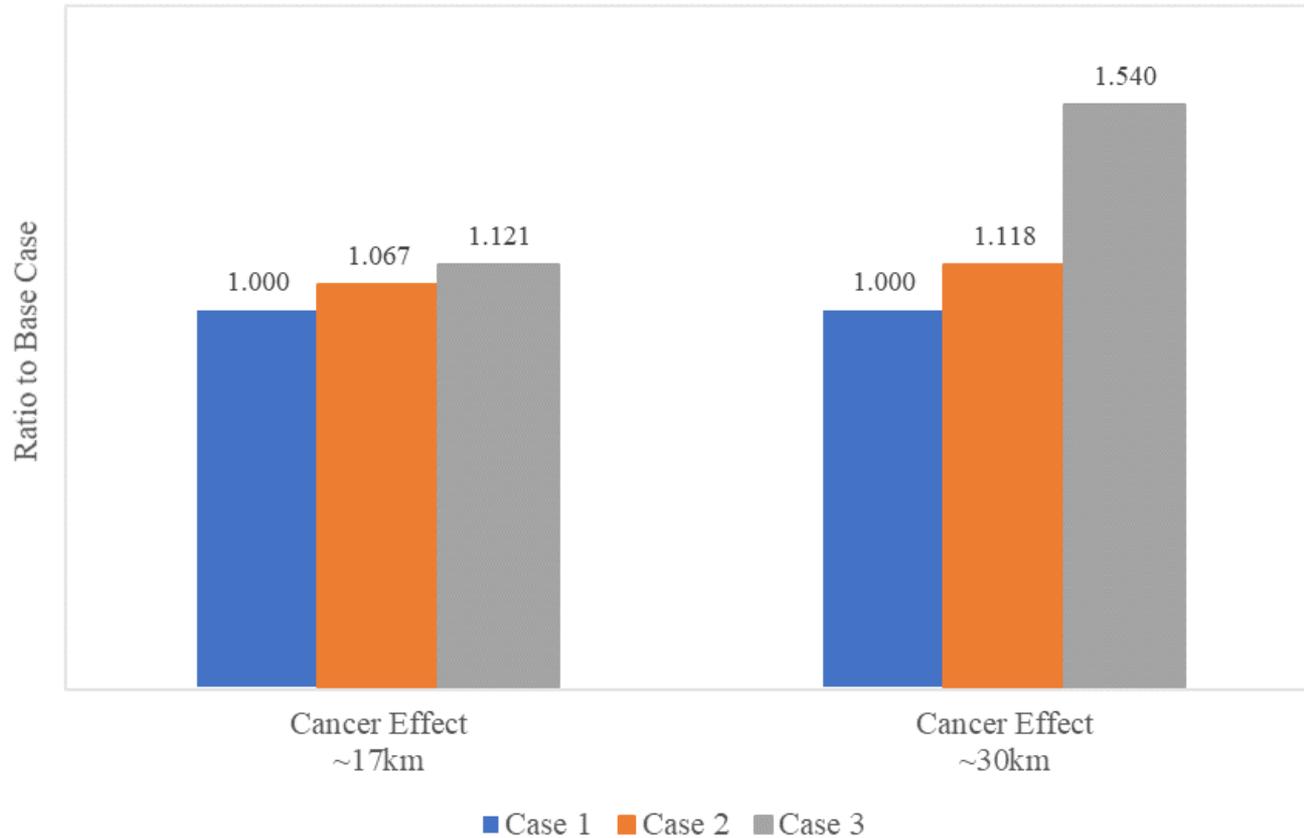
Evaluation of Domestic Criteria

- 국내 기준 분석을 위한 민감도 케이스

Case	Intermediate Phase		Long-term Phase	
	Duration [sec]	Dose [Sv]	Duration [sec]	Dose [Sv]
1 (Base)	1.56E+07 (6개월)	0.08	2.21E+09 (70년)	1
2	7.78E+06 (3개월)	0.05		
3	0	N/A		

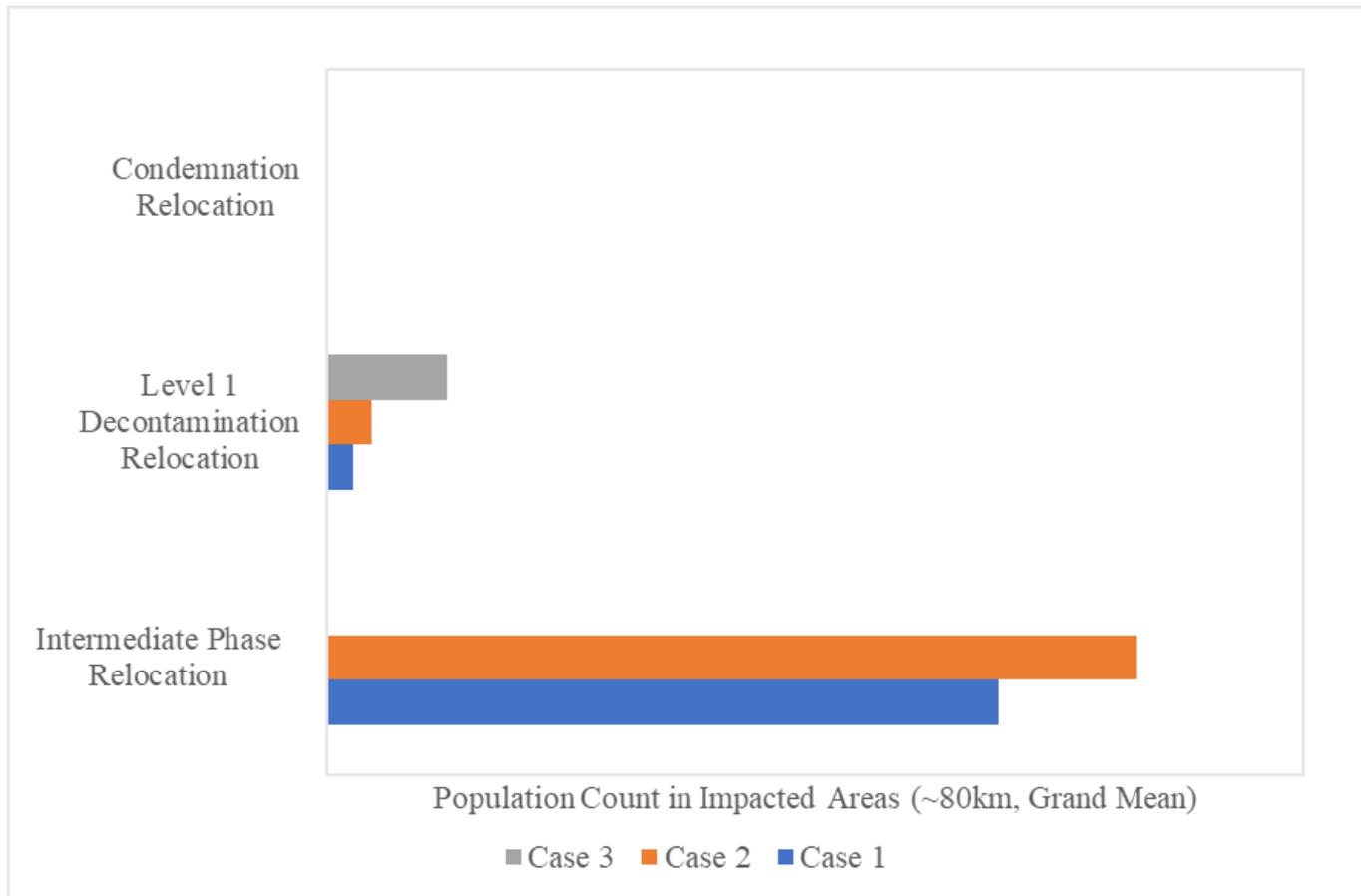
Evaluation of Domestic Criteria

- Results



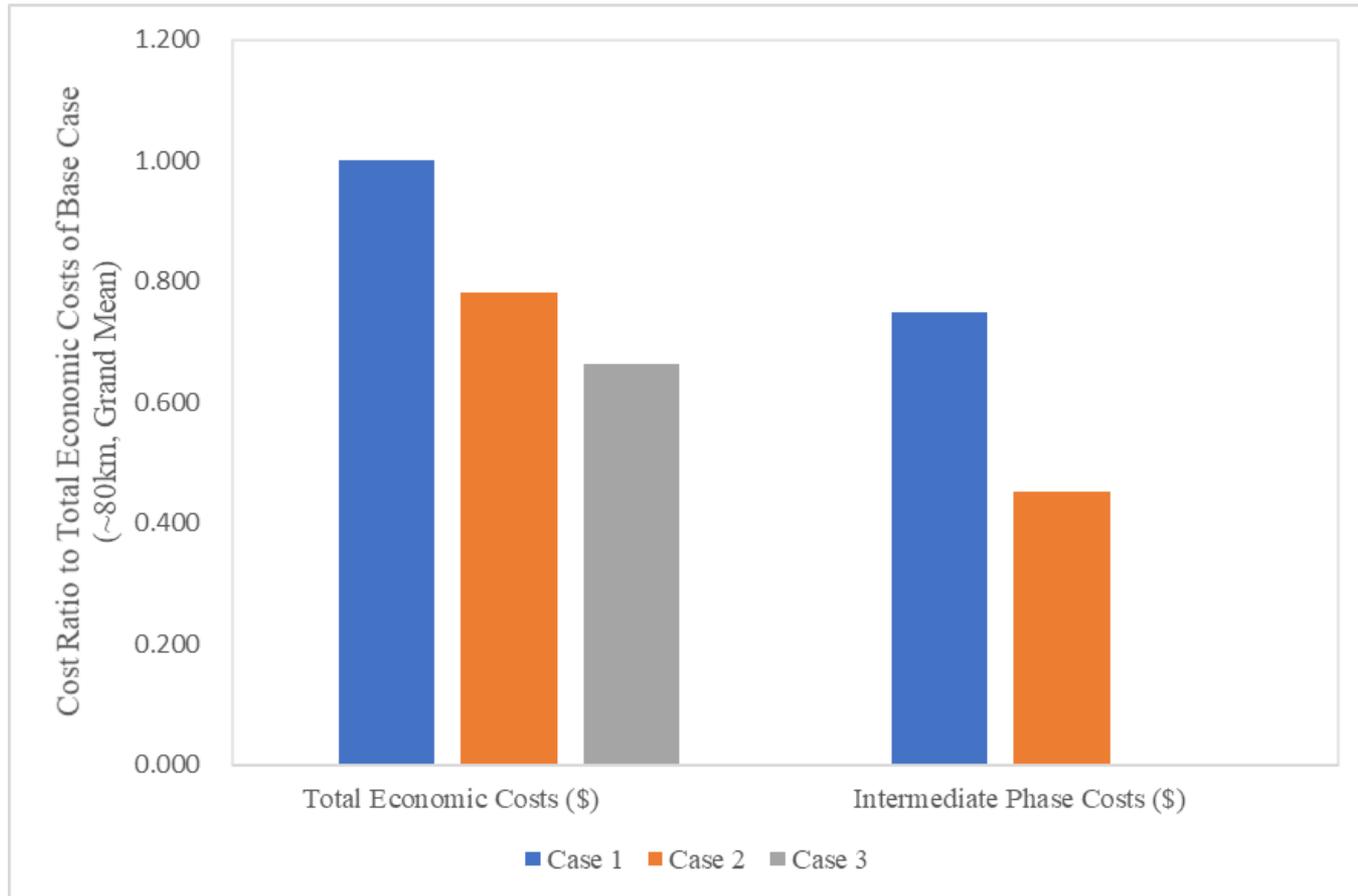
Evaluation of Domestic Criteria

• Results



Evaluation of Domestic Criteria

• Results



Evaluation of Domestic Criteria

• Results

- 암 건강 영향 리스크 ≪ 미국 QHO₁₎ or 국내 QHO 제안₂₎
- 중기 기간이 짧을수록, 암 건강 영향 리스크 및 보호조치 별 영향 인구 증가하나, 경제적 비용은 감소
- 이는 사고 후 시간에 따른 오염의 감소 및 전체 비용 중 중기 비용의 높은 기여도에 기인
- 보수성 관점에서 평가 초점에 따라 중기의 고려가 달라져야 함

1) U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, MODIFIED REACTOR SAFETY GOAL POLICY STATEMENT, SECY-01-0009, 2001.

2) 한국원자력안전기술원, “원자력발전소에 대한 성능목표(안), KINS/ER-160, 2010.

Comparison with Overseas Criteria

• 해외 중장기 주민보호조치의 결정기준

해외 분류	결정기준
미국 EPA PAG ¹⁾	20 rem/처음 1년, 5 rem/그 다음 1년
일본 후쿠시마 조치	20 mSv/1년
IAEA GSR-7 ²⁾	100 mSv/처음 1년, 20 mSv/그 다음 1년

1) U.S. Environmental Protection Agency, "PAG Manual: Protective Action Guides and Planning Guidance for Radiological Incidents", EPA-400/R-17/001, 2017.

2) International Atomic Energy Agency, "Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency", IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. General Safety Requirements. No. GSR Part 7. 2015.

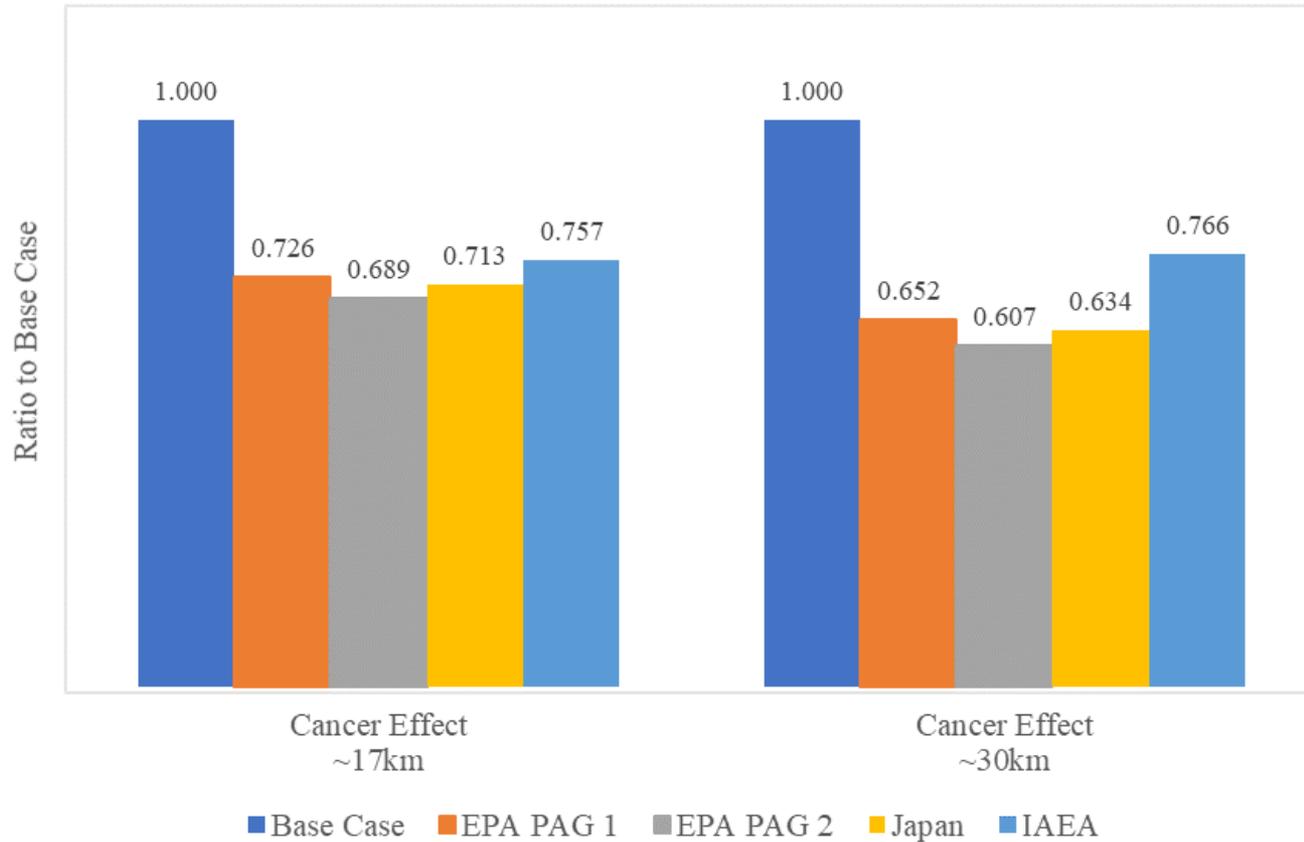
Comparison with Overseas Criteria

• 해외 기준 비교를 위한 민감도 케이스

Case	Intermediate Phase		Long-term Phase	
	Duration [sec]	Dose [Sv]	Duration [sec]	Dose [Sv]
EPA PAG 1 (Surry)	0	N/A	1.58E+08 (5년)	0.04
EPA PAG 2 (Sequoyah)	3.15E+07 (1년)	0.02	3.15E+07 (1년)	0.005
Japan	0	N/A	3.15E+07 (1년)	0.02
IAEA	3.16E+07 (1년)	0.1	3.15E+07 (1년)	0.02

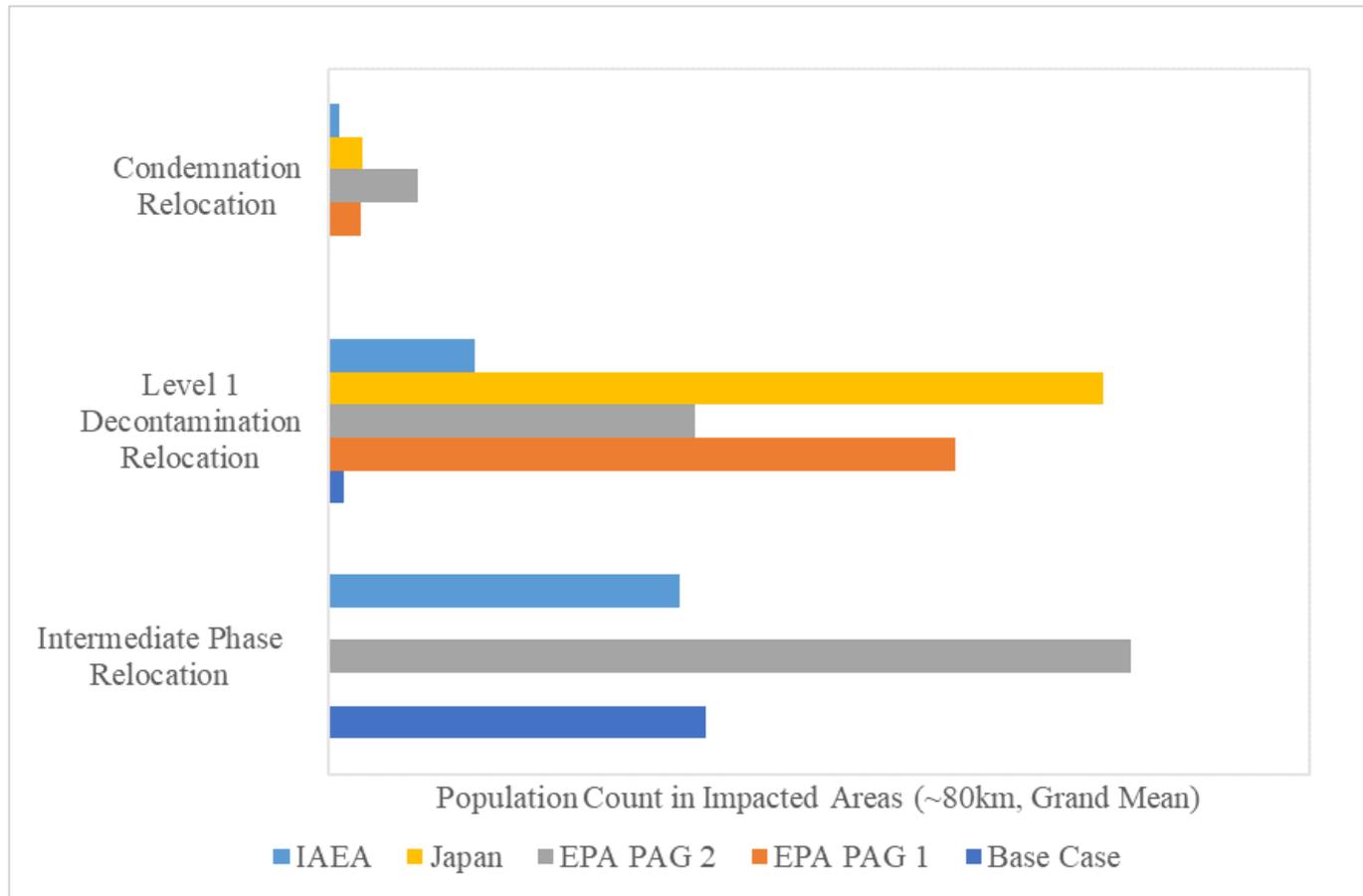
Comparison with Overseas Criteria

- Results



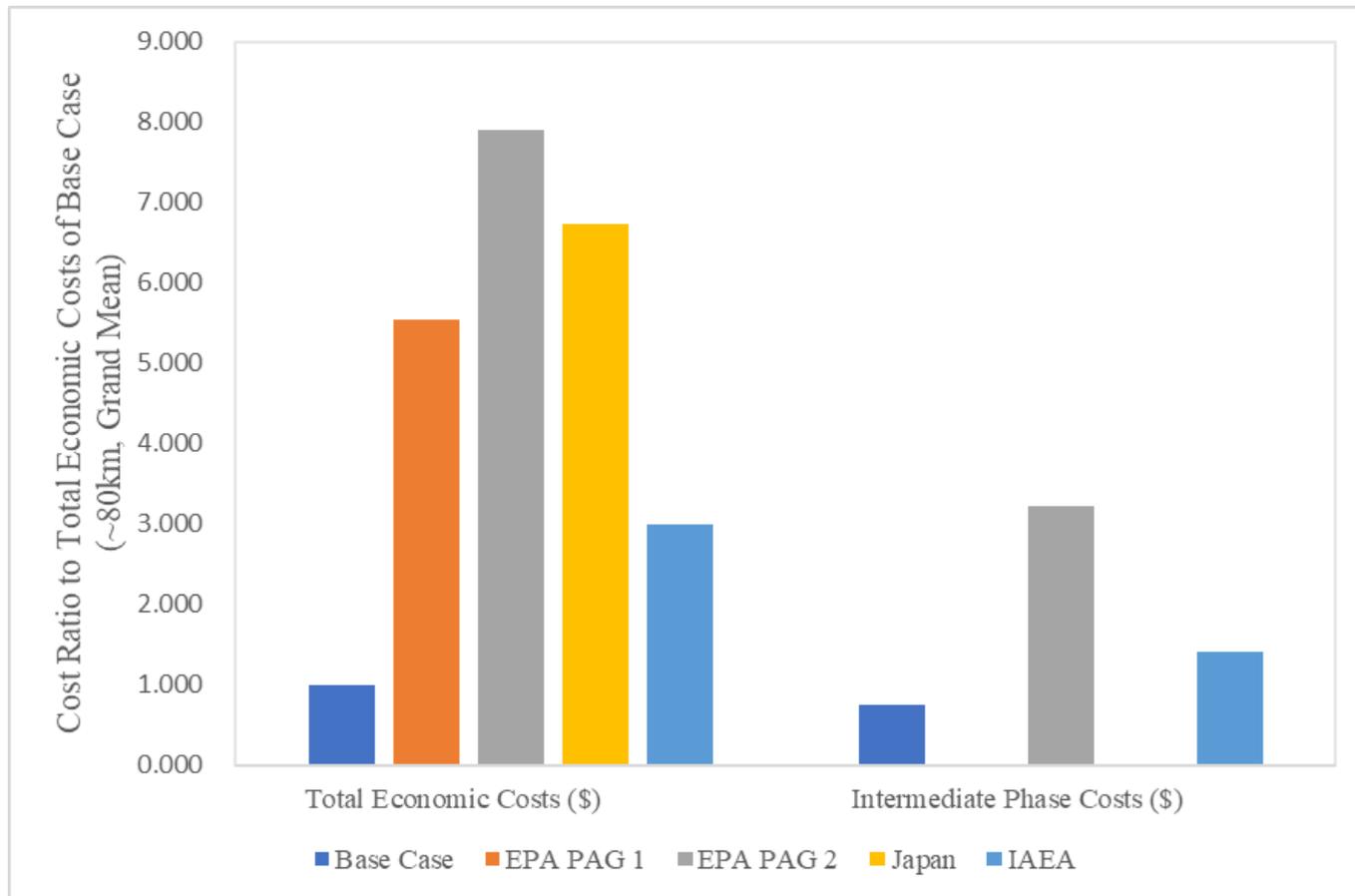
Comparison with Overseas Criteria

• Results



Comparison with Overseas Criteria

• Results



Comparison with Overseas Criteria

• Results

- 모든 해외 기준 암 건강 영향 리스크는 국내 기준 결과에 비해 비교적 작음
- 반면 각 보호조치 영향 인구 및 비용은 매우 큼
- 즉, 국내 기준은 해외 기준보다 달성하기 쉬운 기준
- 이는 장기의 기준 시간 단위의 차이에 기인함

Conclusion

- 후쿠시마 사고 이후, 중대사고 시 합리적인 중장기 주민보호조치 기준 및 전략의 중요성 재상기
- MACCS 코드를 사용하여 거주성과 관련된 국내 중장기 주민보호조치 기준을 평가 & 해외 기준을 조사하여 결과를 비교
- 국내 주민보호조치 기준을 반영한 모든 경우에서 암 건강 영향 리스크는 미국 QHO 혹은 국내 QHO 제안보다 현저히 낮음
- 일시이주를 반영한 중기 기간의 설정에 따라 암 건강 영향 리스크, 영향 면적, 인구, 경제적 비용이 크게 달라짐
- 해외 기준과 비교하여 국내 기준을 적용한 경우, 비교적 높은 암 건강 리스크와 낮은 경제, 사회적 영향을 보임
- L3 PRA 시, 평가 초점에 따라 중기 기간의 고려가 달라져야 함
- 중장기 주민보호조치 기준은 개인의 삶의 양식을 유지하며 주민의 방사선 유발 건강영향을 방지하는 것임을 유념하여 평가되어야 함

감사합니다