

KAERI/TR- 1110/98



KR9900174

방사선원 방출변수가 인체 건강에
미치는 영향 평가

(The Influence of Source Term Release
Parameters on Health Effects)

1998. 8

30 - 48

한국원자력연구소

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 기술보고서를 "사고관리 종합 평가기술 개발" 과제에서 리스크 평가 및 최소화 기법 개발 일부로 수행한 연구결과물로 제출합니다.

1998년 8월

연구기관명 : 한국원자력연구소

참여연구원

주저자 : 정종태

공동저자 : 하재주

요 약 문

원자력 발전소의 중대사고시 환경으로 방출되는 방사성 물질의 방출 특성이 인체 건강에 미치는 영향을 평가하였다. 이는 관련 변수들의 상대적 중요도를 파악하는데 유용할 뿐만 아니라 소외 리스크(Offsite Risk)를 최소화 시키기 위한 대책 개발에 있어서 중요한 인자가 될 수 있다. 방사선원 방출 변수들로는 방출 고도, 열 함량, 방출 시간, 방출 기간, 경고 시간, 연소도이며 이들 변수들의 변화에 따라 영향을 받는 건강영향 인자로는 조기 사망자 수, 암 사망자 수, 조기 상해자 수, 인구가중 조기 사망 리스크, 인구가중 암 사망 리스크, 암 상해자 수, 인구집단 유효 전선 피폭선량, 조기 사망 리스크, 조기 피폭선량 1.5 Sv 초과자 수, 조기 사망 발생 거리 등이다. 본 연구에서는 영광 3,4호기를 대상 발전소로 하여 MACCS 코드를 건강영향 평가 도구로 활용하였으며 노심 재고량은 영광 3,4호기 FSAR 자료를 토대로 ORIGEN2 코드를 활용하여 계산하였다.

방출 고도의 변화는 후기 건강영향에 미치는 영향이 거의 없으나 조기 건강영향의 경우에는 방출 고도가 증가할수록 대부분 그 값이 감소한다. 열 함량은 값이 증가함에 따라 조기 건강영향 및 후기 건강영향 모두 그 값이 감소한다. 연소도의 증가 즉, 노심 재고량은 증가할수록 후기 건강영향 인자들의 값은 증가하는 반면 조기 건강영향에는 연소도 변화에 따른 영향이 거의 없다. 다만, 조기 상해자 수는 연소도 증가에 따라 그 값이 증가함을 보여 준다. 방출 시간의 변화에 따른 모든 건강영향의 변화는 거의 유사한 경향을 보여 주는데 2시간까지는 증가하다가 이후 급격히 감소한다. 방출 기간이 증가함에 따라 후기 건강영향은 약간의 증가를 보여주지만 조기 건강영향에서는 방출 기간이 증가하면서 감소하는 경향을 보여준다. 경고 시간이 증가하면 후기 건강영향은 경고 시간 2시간 정도까지는 감소하다가 그

이후의 시간에 대해서는 거의 변화가 없음을 보여준다. 조기 건강영향의 경우, 조기 상해자 수는 경고 시간 2시간까지 급격히 감소하다가 이후의 시간에서는 거의 변화가 없으며 조기 사망자 수와 조기 사망 리스크는 경고 시간이 증가할수록 오히려 증가함을 보여준다.

Summary

In this study, the influence of source term release parameters on the health effects was examined. This is very useful in identifying the relative importance of release parameters and can be an important factor in developing a strategy for reducing offsite risks. The release parameters investigated in this study are release height, heat content, fuel burnup, release time, release duration, and warning time. The health effects affected by the change of release parameters are early fatalities, cancer fatalities, early injuries, cancer injuries, early fatality risk, population weighted early fatality risk, population weighted cancer fatality risk, effective wholebody population dose, population exceeding an early acute red bone marrow dose of 1.5 Sv, and distance at which early fatalities are expected to occur.

As release height increases, the values of early health effects such as early fatalities and injuries decrease. However, the release height does not have significant influences on late health effects. The values of both early and late health effects decrease as heat content increases. The increase of fuel burnup, i.e., the increase of core inventories increases the late health effects, however, has small influence on the early health effects. But, the number of early injuries increases as the fuel burnup increases. The effects of release time increase shows very similar influence on both the early and late health effects. As the release time increases to 2 hours, the values of health effects increase and then decrease rapidly. As release duration increases, the values of late health effects increase slightly, however, the

values of early health effects decrease. As warning time increases to 2 hours, the values of late health effects decrease and then shows no variation. The number of early injuries decreases rapidly as the warning time increases to 2 hours. However, the number of early fatalities and the early fatality risk increase as the warning time increases.

목 차

요약문	i
Summary	iii
목차	v
표 목차	vii
그림 목차	viii
제 1 장 서론	1
제 2 장 방사선원	4
제 1 절 방사선원 정의	4
제 2 절 영광 3,4호기의 방사선원	5
1. 노심 재고량	5
2. 방출 분율	6
제 3 장 표본 계산	15
제 1 절 MACCS 코드 개요	15
제 2 절 입력 파일	15
1. ATMOS 입력 파일	16
2. EARLY 입력 파일	16
3. CHRONC 입력 파일	17
4. 선량 변환 인자 입력 파일	17
5. 기상자료 입력 파일	17

6. 부지 관련 입력 파일	18
제 3 절 표본 계산	19
제 4 장 방출 변수 영향 평가	22
제 1 절 방출 변수	22
제 2 절 건강영향 인자.....	23
제 3 절 결과 및 토의	25
1. 방출 고도	25
2. 열 함량	26
3. 연소도	27
4. 방출 시간	27
5. 방출 기간	28
6. 경고 시간	29
제 5 장 결론	62
참 고 문 헌	64
부록 1. YGNATMOS.INP	65
부록 2. YGNEARLY.INP	75
부록 3. YGNLATE.INP	84
부록 4. 출력파일 중 건강영향 요약	97

표 목차

표 2.1 MACCS에서 이용되는 60개 방사성 동위원소	8
표 2.2 영광 3,4호기 FSAR의 주요 자료	9
표 2.3 영광 3,4호기의 연소도별 노심 재고량(Bq)	10
표 2.4 영광 3,4호기 방출목록의 핵종그룹별 방출 분율	13
표 3.1 영광 원자력발전소 주변 인구분포(1992년)	20
표 3.2 영광 3,4호기 건강영향 평가 결과	21
표 4.1 조기 건강영향에 영향을 미치는 기관 및 증상	30
표 4.2 후기 건강영향에 영향을 미치는 기관 및 증상	31

그림 목차

그림 2.1	영광 3,4호기의 방사선원 논리도	14
그림 4.1	방출 고도 변화에 따른 조기 사망자 수의 변화	32
그림 4.2	방출 고도 변화에 따른 암 사망자 수의 변화	32
그림 4.3	방출 고도 변화에 따른 조기 상해자 수의 변화	33
그림 4.4	방출 고도 변화에 따른 암 상해자 수의 변화	33
그림 4.5	방출 고도 변화에 따른 조기 사망 리스크의 변화	34
그림 4.6	방출 고도 변화에 따른 인구가중 조기 사망 리스크의 변화	34
그림 4.7	방출 고도 변화에 따른 인구가중 암 사망 리스크의 변화	35
그림 4.8	방출 고도 변화에 따른 인구집단 유효 전신 피폭선량의 변화	35
그림 4.9	방출 고도 변화에 따른 조기 피폭선량 1.5 Sv 초과자 수의 변화	36
그림 4.10	방출 고도 변화에 따른 조기 사망 발생 거리의 변화	36
그림 4.11	열 함량 변화에 따른 조기 사망자 수의 변화	37
그림 4.12	열 함량 변화에 따른 암 사망자 수의 변화	37
그림 4.13	열 함량 변화에 따른 조기 상해자 수의 변화	38
그림 4.14	열 함량 변화에 따른 암 상해자 수의 변화	38
그림 4.15	열 함량 변화에 따른 조기 사망 리스크의 변화	39
그림 4.16	열 함량 변화에 따른 인구가중 조기 사망 리스크의 변화	39
그림 4.17	열 함량 변화에 따른 인구가중 암 사망 리스크의 변화	40
그림 4.18	열 함량 변화에 따른 인구집단 유효 전신 피폭선량의 변화	40
그림 4.19	열 함량 변화에 따른 조기 피폭선량 1.5 Sv 초과자 수의 변화	41

그림 4.20 열 함량 변화에 따른 조기 사망 발생 거리의 변화	41
그림 4.21 연소도 변화에 따른 조기 사망자 수의 변화	42
그림 4.22 연소도 변화에 따른 암 사망자 수의 변화	42
그림 4.23 연소도 변화에 따른 조기 상해자 수의 변화	43
그림 4.24 연소도 변화에 따른 암 상해자 수의 변화	43
그림 4.25 연소도 변화에 따른 조기 사망 리스크의 변화	44
그림 4.26 연소도 변화에 따른 인구가중 조기 사망 리스크의 변화	44
그림 4.27 연소도 변화에 따른 인구가중 암 사망 리스크의 변화	45
그림 4.28 연소도 변화에 따른 인구집단 유효 전신 피폭선량의 변화	45
그림 4.29 연소도 변화에 따른 조기 피폭선량 1.5 Sv 초과자 수의 변화	46
그림 4.30 연소도 변화에 따른 조기 사망 발생 거리의 변화	46
그림 4.31 방출 시간 변화에 따른 조기 사망자 수의 변화	47
그림 4.32 방출 시간 변화에 따른 암 사망자 수의 변화	47
그림 4.33 방출 시간 변화에 따른 조기 상해자 수의 변화	48
그림 4.34 방출 시간 변화에 따른 암 상해자 수의 변화	48
그림 4.35 방출 시간 변화에 따른 조기 사망 리스크의 변화	49
그림 4.36 방출 시간 변화에 따른 인구가중 조기 사망 리스크의 변화	49
그림 4.37 방출 시간 변화에 따른 인구가중 암 사망 리스크의 변화	50
그림 4.38 방출 시간 변화에 따른 인구집단 유효 전신 피폭선량의 변화	50
그림 4.39 방출 시간 변화에 따른 조기 피폭선량 1.5 Sv 초과자 수의 변화	51
그림 4.40 방출 시간 변화에 따른 조기 사망 발생 거리의 변화	51
그림 4.41 방출 시간 변화에 따른 조기 사망자 수의 변화	52

그림 4.42 방출 기간 변화에 따른 암 사망자 수의 변화	52
그림 4.43 방출 기간 변화에 따른 조기 상해자 수의 변화	53
그림 4.44 방출 기간 변화에 따른 암 상해자 수의 변화	53
그림 4.45 방출 기간 변화에 따른 조기 사망 리스크의 변화	54
그림 4.46 방출 기간 변화에 따른 인구가중 조기 사망 리스크의 변화	54
그림 4.47 방출 기간 변화에 따른 인구가중 암 사망 리스크의 변화	55
그림 4.48 방출 기간 변화에 따른 인구집단 유효 전신 피폭선량의 변화	55
그림 4.49 방출 기간 변화에 따른 조기 피폭선량 1.5 Sv 초과자 수의 변화	56
그림 4.50 방출 기간 변화에 따른 조기 사망 발생 거리의 변화	56
그림 4.51 경고 시간 변화에 따른 조기 사망자 수의 변화	57
그림 4.52 경고 시간 변화에 따른 암 사망자 수의 변화	57
그림 4.53 경고 시간 변화에 따른 조기 상해자 수의 변화	58
그림 4.54 경고 시간 변화에 따른 암 상해자 수의 변화	58
그림 4.55 경고 시간 변화에 따른 조기 사망 리스크의 변화	59
그림 4.56 경고 시간 변화에 따른 인구가중 조기 사망 리스크의 변화	59
그림 4.57 경고 시간 변화에 따른 인구가중 암 사망 리스크의 변화	60
그림 4.58 경고 시간 변화에 따른 인구집단 유효 전신 피폭선량의 변화	60
그림 4.59 경고 시간 변화에 따른 조기 피폭선량 1.5 Sv 초과자 수의 변화	61
그림 4.60 경고 시간 변화에 따른 조기 사망 발생 거리의 변화	61

제 1 장 서론

원자력 발전소는 그 설계 개념부터 발전소와 공공 대중의 안전을 생각한다. 따라서 설계기준 사고라고 지칭되는 모든 가능한 사고에 대하여는 다양하고 다중 방어적인 안전 장치들을 이용하여 발전소의 안전성을 확보하고 있다. 그러나 중대사고, 즉 설계기준 사고를 벗어나는 사고는 비록 발생 확률은 지극히 낮지만 사고 발생시 결말(Consequence) 효과가 크기 때문에 그 현상 및 사고 전개 과정, 그리고 이로 인해 대기로 방출되는 방사선원 방출 특성 등이 연구되었고, 1979년의 TMI 사고나 1986년의 체르노빌 사고로 이에 대한 관심은 더욱 고조되었다. 특히 체르노빌에서 발생한 사고는 발전소로부터 방사성 물질이 대기로 직접 방출되어 유럽 여러 나라에 영향을 끼친 큰 사고였다.

이러한 원자력 발전소의 설계기준 사고 범위를 넘는 노심손상 사고시 소외 지역의 인체 및 환경에 미치는 영향에 대한 체계적이고 종합적인 평가는 3단계 PSA (Probabilistic Safety Assessment)를 통하여 이루어진다. 이 3단계 PSA를 통하여 원자력 발전소의 사고시 환경으로 방출되는 방사성 물질의 대기내 이동 및 확산, 주요 피폭경로별 피폭선량 평가, 건강영향 평가, 경제적 영향 평가 등을 수행하며 그 결과는 대부분 리스크(Risk)로써 주어진다. 이 리스크는 특정 사고의 발생 확률에 사고로 인한 결말 효과를 곱한 값으로 정의되며 이는 실제로 발전소에서 발생하는 사고의 중요도를 결정하는 가장 중요한 판단 기준이 된다. TMI 사고는 중대사고 부류에 속하지만 대기로의 방사성 물질의 방출이 없었으므로 주변 대중에게 미치는 영향은 거의 없었지만, 체르노빌에서의 사고는 방사성 물질이 대기로 방출되었으므로 리스크 측면에서 훨씬 위험한 사고로 평가된다. 이러한

관점에서 리스크를 정량화하여 제시할 수 있는 3단계 PSA는 원전의 안전성을 평가하는 가장 중요한 수단이 된다.

원자력 발전소의 사고시 방출되는 방사선원(Source Term)은 사고유형별, 방사성 물질의 핵종별, 시간별 방출량과 이에 수반되는 열에너지, 그리고 결말 분석시 요구되는 방출 정보와 시간 변수들을 포함하는 양으로써 정의된다. 일반적으로 이 방사선원에 대한 정보는 2단계 PSA의 결과로써 주어지는데 PSA에서 다루는 사고경위의 수가 매우 많으므로 이들을 사고결말에 미치는 영향이 유사한 대표적인 몇 개의 방출군으로 분류하여 방출군별 발생 빈도와 노심 재고량에 대한 방출 분율(Release Fraction)로 나타낸다. 따라서, 이 방사선원은 여러가지 매개변수에 의해 정량화되는데 이 매개변수에는 방출시간, 방출 기간, 환경으로의 방출시 비상대책 수립 및 적용을 위해 요구되는 경고 시간과 같은 시간 관련 변수 및 사고발생 빈도, 그리고 방사성 물질의 대기내 이동 및 확산 계산시 입력으로 이용되는 방출 에너지의 양, 방출 고도 등이 포함된다. 또한, 2단계 PSA의 결과로 주어지는 사고경위별 방사선원의 방출 분율을 통하여 각각의 핵종별 방출량을 정량화하기 위해서는 노심 재고량에 대한 계산이 수행되어야 하는데 이는 여러가지 원자로 유형과 발전소 이력 즉, 핵연료의 연소도에 따라 노심 재고량을 계산할 수 있는 별개의 코드를 이용하여 계산하게 된다.

방사성 물질이 일단 환경으로 방출된 이후에 인체 및 환경에 미치는 영향에는 여러가지 변수들이 중요한 인자로써 작용한다. 그 중 대표적인 것이 풍향, 풍속, 대기안정도로 대표되는 기상 조건이며 이외에도 방사선원 방출량에 결정적 영향을 미치는 사고 경위, 방출 고도, 방출 시간, 방출 기간 등과 같은 방사선원 방출 특성에 관한 변수 등이 있다. 이들 모든 변수들을 종합하여 방사선원의 환경으로의 방출 특성을 분석하기는 매우 어려운 일이기 때문에 모든 변수들을 이용한 종합적인

분석보다는 우선적으로 각각의 방사성 동위원소들이 결말 분석에 미치는 상대적 중요도를 파악하여 이를 토대로 방사선원의 감소나 결말 분석에 중요한 인자들을 정량화하는 작업이 유용하다.

따라서, 본 연구에서는 원자력 발전소의 중대사고시 환경으로 방출되는 방사성 물질 즉, 방사선원에 관련된 여러가지 변수들이 소외 리스크 및 건강영향에 미치는 영향을 평가하는데 그 목적이 있다. 이를 위한 대상 발전소는 영광 3,4호기이며 소외 리스크 평가 도구로는 MACCS 코드[1]를 활용하였다. 소외 리스크 및 건강영향에 미치는 영향 평가를 위한 방사선원 관련 주요 변수들로는 방출 고도, 열 함량, 연소도에 따른 노심 재고량, 방출 시간, 방출 기간, 경고 시간 등 6가지 변수를 선정하였다. 이들 변수들의 변화에 따른 소외 리스크 및 건강영향 인자로는 조기 사망자 수, 암 사망자 수, 조기 상해자 수, 인구가중 조기 사망 리스크, 인구가중 암 사망 리스크, 암 상해자 수, 전 생애 동안의 인구집단 유효 전선 피폭선량, 조기 사망 리스크, 조기 피폭선량 1.5 Sv를 초과하는 인구 수, 조기 사망 발생이 예상되는 부지로부터의 거리 등이다.

이 방사선원 관련 변수들이 소외 리스크 및 건강영향에 미치는 영향 평가 결과는 관련 변수들의 상대적 중요도를 파악하는데 유용할 뿐만 아니라 소외 리스크를 최소화 시키기 위한 대책 개발에 있어서 중요한 인자가 될 수 있다. 또한, 이 분석 결과는 향후 소외 리스크 평가 및 최소화 기법 개발 분야 중 리스크 평가를 위한 사고 관련 시나리오 개발의 주요 입력 자료로 활용될 예정이다.

제 2 장 방사선원

제 1 절 방사선원 정의

원자력 발전소 사고시 환경으로 방출되는 방사선원(Source Term)은 핵종별 방출량 뿐만 아니라 결말 분석시 요구되는 방출변수(Release Parameter)와 시간과 관련된 변수들을 포함하는 양으로써 정의된다. 일반적으로 이 방사선원에 대한 정보는 2단계 PSA의 결과로써 주어지며 이는 여러가지 변수에 의해 정량화되는데 주요 변수들은 방출 고도, 방출 양, 화학적 형태, 방사성 동위원소들의 입자 크기 분포, 열 함량, 습도, 방출 시간, 방출 지속시간, 경고 시간 등의 시간 관련 변수, 발생 확률 등이다.

중대사고시 환경으로 방출되는 방사성 물질로 인한 인체 건강이나 경제적 영향에 대한 중요도는 방사성 동위원소의 전체 재고량의 비율, 방사성 동위원소의 원자로 내에서의 함량, 방사성 동위원소의 반감기, 방출 후에 생성되는 자핵종을 포함한 방사성 동위원소의 방사생물학적 중요도 등의 함수이다. WASH-1400[2]이나 SNL Siting Study[3]에서는 노심 내 원소들의 소외 결말 분석에 미치는 상대적 중요도를 특정 방사선원의 함수로써 결정하였는데, 결과에 의하면 Iodine과 Tellurium이 초기 사망이나 상해 등과 같은 초기 건강영향에 가장 중요하며, 세슘 동위원소들은 재산 손상이나 후기 암 사망 등과 같은 장기 결말에 매우 중요하다. 그러나, NUREG-0956[4]의 결과에 의하면 어떤 사고 경위에서는 요오드와 세슘의 방출 비율은 WASH-1400의 가정보다 훨씬 적으며 다른 원소들의 방출 비율은 이전의 연구 결과들보다 클 수도 있다. 또한, 최근 NRC의 방사선원 분석 결과들에 의하면 방사선원 평가는 많은 불확실성을 포함하고 있기 때문에 환경으로 방출 가능성이 있는 방사성 물질의 최적의 평가를 위한 많은 연구가 수행되어야 한다는 결론을 제시하고 있다.

사고결말 분석 코드인 CRAC-2[5]에서는 3단계 PSA 즉, 사고 결말 분석(Consequence Analysis)에 중요한 영향을 미치는 원소로 54개의 방사성 동위원소들이 취급되었고 MACCS 코드에서는 Sr-92, Y-92, Y-93, Ba-139, La-141, La-142를 추가하여 60개의 동위원소들에 대하여 사고 결말 분석이 이루어지는데, 이들 6개의 동위원소들은 WASH-1400이나 CRAC-2 코드에서는 방출 분율이 상대적으로 낮다고 가정하여 고려되지 않았다. MACCS에서 취급하는 60개의 방사성 동위원소들은 9개의 주요 핵종 그룹으로 분류되어 활용되는데 이들 그룹 및 이들을 구성하는 동위원소들은 표 2.1에 나타난 바와 같다.

제 2 절 영광 3,4호기의 방사선원

1. 노심 재고량

2단계 PSA의 결과로 주어지는 사고경위별 방사선원의 방출 분율을 통하여 각각의 핵종별 방출량을 정량화하기 위해서는 초기의 노심 재고량에 대한 계산이 수행되어야 하는데 이는 여러가지 원자로 유형과 발전소 이력 즉, 핵연료의 연소도에 따라 노심 재고량을 계산할 수 있는 별개의 코드를 이용하여 계산하게 된다. 그러나, 노심 재고량에 포함되어 있는 수 많은 방사성 동위원소 중 많은 핵종은 노심내 적은 재고량, 짧은 반감기, 낮은 방사생물학적 위험도 등으로 인하여 실제로는 방사선 피폭 계산에 거의 영향을 미치지 못하기 때문에 피폭선량에 중요한 영향을 미치는 대표적인 핵종들만이 결말 분석에 이용되며, 대부분의 3단계 PSA를 수행할 수 있는 코드들은 이들 주요 핵종들에 대한 반감기 및 붕괴사슬(Decay Chain)에 대한 정보를 기본 입력으로써 포함시키고 있다. 본 연구에서는 대상발전소로 고려한 영광 3,4호기에 대한 노심 재고량 계산을 ORIGEN2[6] 코드를 활용하여 계산하였다.

ORIGEN2 코드는 3차원의 복잡한 구조 및 중성자 속 분포를 갖고 있는 원자료를 대표할 수 있는 한 부분 또는 한 점 즉, 평균치를 구하는 방법으로 나타내어 그 부분 또는 점에서 핵분열에 의한 핵분열성 물질의 감소와 변화, 그리고 방사성 동위원소의 생성 및 붕괴를 계산하는 전산코드로써 주로 핵연료 주기에 관련된 계산과 연소도에 따른 핵연료 성분 및 특성 변화를 살펴보는 데 유용하다.

영광 3,4호기의 연소도(Burnup, MWD/MTU)에 따른 노심재고량(Core Inventory)을 이 ORIGEN2 코드를 활용하여 계산하였다. 계산에 필요한 입력자료는 영광 3,4호기의 FSAR[7]을 참조하였는데 주요 자료는 표 2.2에 나타난 바와 같다. 노심은 평형 상태(Equilibrium State)에 있다고 가정하였으며 각 주기마다 약 292일 동안 100% 전출력으로 운전한 후 73일 동안의 냉각기간을 고려하여, 총 1,387일 동안의 운전 기간 동안의 연소도에 대한 노심재고량을 계산하였다. 계산시 출력되는 연소도는 각각 5,500, 11,000, 16,500, 22,000, 27,500, 33,000, 38,500, 44,000 MTD/MTU이다.

MACCS에서 고려하는 60개의 중요 방사성 동위원소에 대한 영광 3,4 호기의 연소도별 노심재고량에 대한 ORIGEN2 출력 결과는 MACCS 코드에서 활용되는 Bq 단위로 표 2.3에 나타난 바와 같다.

2. 방출 분율

본 연구에서 대상 발전소로 선택한 영광 3,4 호기의 중대사고시 방출되는 방사선원 방출 분율은 영광 3, 4호기의 IPE(Individual Plant Examination)[8] 결과를 활용하였다. 영광 3, 4호기의 IPE 결과에 의하면 유사한 격납건물 파손 형태를 같은 목록으로 그룹화시킨 다음 19개의 방사선원 방출목록(STC, Source Term Category)을

정의하였다. 이 때 그룹화시키기 위한 매개변수들은 그림 2.1의 상단에 제시된 바와 같다. 이 19개의 방사선원 방출목록을 정의하기 위해서 방사선원 변수들을 정의한 다음 이들 매개변수들을 결합하는 방법을 사용하였다. 각각의 방사선원 방출목록의 특성과 발생빈도가 결정된 다음 각각의 방사선원 방출목록의 대표적인 사고경위에 대해 방출 분율이 계산된다. 방출 분율 계산시 복잡한 발전소 특성 자료를 이용한 방사선원 계산용 코드 계산을 수행하지 않고 대신에 NUREG-1150[9] 연구에서 활용한 단순한 매개변수 상관식을 이용하여 계산이 이루어졌다.

계산 결과는 표 2.4에 나타난 바와 같으며 STC 1과 2의 방출 분율은 “0”으로 나타나 있는데 이는 격납건물이 파손되지 않고 건전성이 유지되기 때문이며 STC 13의 경우에는 격납건물의 건전성이 유지되지는 않지만 방출 분율의 양이 무시할 정도로 적기 때문에 “0”으로 표시되었다. 그리고 STC 5와 9의 경우에는 방출 분율이 표시되어 있지 않았는데 이는 그 발생 빈도가 “0”이기 때문이다.

표 2.1 MACCS에서 이용되는 60개 방사성 동위원소

핵종 그룹	그룹별 방사성 동위원소
Noble Gas	Kr-85, Kr-85m, Kr-87, Kr-88, Xe-133, Xe-135
Iodine	I-131, I-132, I-133, I-134, I-135
Cesium	Rb-86, Cs-134, Cs-136, Cs-137
Tellurium	Sb-127, Sb-129, Te-127, Te-127m, Te-129, Te-129m, Te-131m, Te-132
Barium	Ba-139, Ba-140
Strontium	Sr-89, Sr-90, Sr-91, Sr-92
Ruthenium	Co-58, Co-60, Mo-99, Tc-99m, Ru-103, Ru-105, Ru-106, Rh-105
Lanthanium	Y-90, Y-91, Y-92, Y-93, Zr-95, Zr-97, Nb-95, La-140, La-141, La-142, Pr-143, Nd-147, Am-241, Cm-242, Cm-244
Cerium	Ce-141, Ce-143, Ce-144, Np-239, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241

표 2.2 영광 3,4호기 FSAR의 주요 자료

Specification	Value
Rated Core Heat Output (MWt)	2,815
No. of Fuel Assemblies in Core	177
Total Weight of Uranium in Core (kg)	75,423
Fuel Materials (Pellets)	UO ₂
Fuel Enrichment (wt %)	3.7
Fuel Density (gr/cm ³)	10.15
Cladding Material	Zircaloy-4
Cladding Density (gr/cm ³)	6.55
Total Weight of Zircaloy-4 (kg)	23,905.6
Bottom Spacer Grid Material	Inconel-625
Inconel-625 Density (gr/cm ³)	8.442
Cylindrical Sleever Material	SS-347
SS-347 Density, gr/cm ³	1.633
EFFD (Effective Full Power Days)	292
Average Thermal Neutron Flux (#/cm ² -sec)	6.28×10 ¹³

표 2.3 영광 3,4호기의 연소도별 노심제고량 (Bq)

연소도 (MWD/MTU)	5,500	11,000	16,500	22,000	27,500	33,000	38,500	44,000
동위원소								
Co-58	3.575E+13	4.035E+13	4.063E+13	4.379E+13	4.373E+13	4.674E+13	4.688E+13	4.928E+13
Co-60	4.803E+13	1.403E+14	1.825E+14	2.293E+14	2.700E+14	3.176E+14	3.572E+14	4.049E+14
Kr-85	5.662E+15	1.548E+16	1.955E+16	2.346E+16	2.672E+16	2.997E+16	3.251E+16	3.519E+16
Kr-85m	9.865E+17	8.255E+17	7.892E+17	7.429E+17	6.943E+17	6.550E+17	6.114E+17	5.791E+17
Kr-87	1.968E+18	1.617E+18	1.535E+18	1.432E+18	1.327E+18	1.240E+18	1.146E+18	1.074E+18
Kr-88	2.780E+18	2.282E+18	2.164E+18	2.017E+18	1.867E+18	1.741E+18	1.606E+18	1.502E+18
Rb-86	7.122E+14	2.356E+15	3.139E+15	4.130E+15	5.085E+15	6.254E+15	7.353E+15	8.565E+15
Sr-89	3.293E+18	3.184E+18	2.732E+18	2.768E+18	2.357E+18	2.382E+18	2.012E+18	2.032E+18
Sr-90	4.384E+16	1.201E+17	1.529E+17	1.836E+17	2.109E+17	2.366E+17	2.587E+17	2.799E+17
Sr-91	4.518E+18	3.770E+18	3.600E+18	3.385E+18	3.159E+18	2.978E+18	2.777E+18	2.627E+18
Sr-92	4.694E+18	3.991E+18	3.843E+18	3.647E+18	3.438E+18	3.273E+18	3.089E+18	2.955E+18
Y-90	4.499E+16	1.244E+17	1.592E+17	1.919E+17	2.212E+17	2.493E+17	2.737E+17	2.972E+17
Y-91	3.857E+18	4.010E+18	3.405E+18	3.527E+18	2.997E+18	3.106E+18	2.623E+18	2.720E+18
Y-92	4.705E+18	4.005E+18	3.857E+18	3.664E+18	3.452E+18	3.290E+18	3.106E+18	2.972E+18
Y-93	5.157E+18	4.496E+18	4.376E+18	4.206E+18	4.010E+18	3.868E+18	3.700E+18	3.589E+18
Zr-95	4.272E+18	4.945E+18	4.323E+18	4.663E+18	4.094E+18	4.423E+18	3.885E+18	4.208E+18
Zr-97	4.939E+18	4.621E+18	4.630E+18	4.593E+18	4.512E+18	4.499E+18	4.443E+18	4.443E+18
Nb-95	3.324E+18	5.012E+18	3.966E+18	4.607E+18	3.753E+18	4.370E+18	3.555E+18	4.147E+18
Mo-99	5.132E+18	4.909E+18	4.962E+18	4.970E+18	4.928E+18	4.962E+18	4.948E+18	4.992E+18
Tc-99m	4.493E+18	4.298E+18	4.342E+18	4.351E+18	4.314E+18	4.342E+18	4.331E+18	4.370E+18

표 2.3 영광 3,4호기의 연소도별 노심재고량(계속)

연소도 (MWD/MTU)	5,500	11,000	16,500	22,000	27,500	33,000	38,500	44,000
동위원소								
Ru-103	2.902E+18	3.631E+18	3.689E+18	4.102E+18	4.063E+18	4.485E+18	4.423E+18	4.847E+18
Ru-105	1.516E+18	2.140E+18	2.426E+18	2.708E+18	2.930E+18	3.204E+18	3.435E+18	3.684E+18
Ru-106	1.724E+17	6.513E+17	8.433E+17	1.121E+18	1.281E+18	1.575E+18	1.701E+18	2.009E+18
Rh-105	1.420E+18	1.994E+18	2.245E+18	2.491E+18	2.682E+18	2.911E+18	3.103E+18	3.307E+18
Sb-127	2.089E+17	2.472E+17	2.670E+17	2.849E+17	2.978E+17	3.151E+17	3.282E+17	3.430E+17
Sb-129	7.172E+17	7.839E+17	8.258E+17	8.609E+17	8.827E+17	9.176E+17	9.410E+17	9.711E+17
Te-127	1.956E+17	2.428E+17	2.590E+17	2.802E+17	2.894E+17	3.103E+17	3.193E+17	3.382E+17
Te-127m	1.595E+16	3.061E+16	2.964E+16	3.552E+16	3.363E+16	3.974E+16	3.726E+16	4.353E+16
Te-129	7.013E+17	7.722E+17	8.104E+17	8.478E+17	8.662E+17	9.036E+17	9.234E+17	9.561E+17
Te-129m	9.812E+16	1.160E+17	1.179E+17	1.275E+17	1.263E+17	1.359E+17	1.341E+17	1.432E+17
Te-131m	3.463E+17	3.645E+17	3.790E+17	3.899E+17	3.952E+17	4.060E+17	4.122E+17	4.214E+17
Te-132	3.795E+18	3.734E+18	3.815E+18	3.857E+18	3.857E+18	3.912E+18	3.926E+18	3.985E+18
I-131	2.603E+18	2.602E+18	2.668E+18	2.711E+18	2.721E+18	2.771E+18	2.793E+18	2.841E+18
I-132	3.829E+18	3.781E+18	3.868E+18	3.918E+18	3.918E+18	3.979E+18	3.999E+18	4.060E+18
I-133	5.765E+18	5.509E+18	5.562E+18	5.565E+18	5.512E+18	5.537E+18	5.512E+18	5.551E+18
I-134	6.435E+18	6.084E+18	6.125E+18	6.114E+18	6.042E+18	6.059E+18	6.022E+18	6.056E+18
I-135	5.358E+18	5.126E+18	5.185E+18	5.196E+18	5.154E+18	5.188E+18	5.177E+18	5.221E+18
Xe-133	5.752E+18	5.503E+18	5.559E+18	5.565E+18	5.512E+18	5.539E+18	5.520E+18	5.559E+18
Xe-135	1.448E+18	1.348E+18	1.284E+18	1.217E+18	1.161E+18	1.102E+18	1.053E+18	1.015E+18
Cs-134	1.290E+16	1.098E+17	1.828E+17	2.816E+17	3.790E+17	5.090E+17	6.215E+17	7.716E+17

표 2.3 영광 3,4호기의 연소도별 노심재고량 (계속)

연소도(MWD/MTU)	5,500	11,000	16,500	22,000	27,500	33,000	38,500	44,000
동위 원소								
Cs-136	2.939E+16	6.583E+16	8.671E+16	1.084E+17	1.296E+17	1.560E+17	1.823E+17	2.124E+17
Cs-137	4.884E+16	1.459E+17	1.928E+17	2.402E+17	2.858E+17	3.324E+17	3.767E+17	4.225E+17
Ba-139	5.389E+18	5.023E+18	5.029E+18	4.990E+18	4.903E+18	4.892E+18	4.836E+18	4.842E+18
Ba-140	5.185E+18	4.836E+18	4.850E+18	4.811E+18	4.727E+18	4.713E+18	4.658E+18	4.663E+18
La-140	5.207E+18	4.903E+18	4.939E+18	4.934E+18	4.875E+18	4.900E+18	4.878E+18	4.920E+18
La-141	4.934E+18	4.602E+18	4.602E+18	4.557E+18	4.471E+18	4.446E+18	4.384E+18	4.376E+18
La-142	4.870E+18	4.493E+18	4.476E+18	4.415E+18	4.314E+18	4.278E+18	4.203E+18	4.183E+18
Ce-141	4.755E+18	4.694E+18	4.529E+18	4.644E+18	4.406E+18	4.529E+18	4.309E+18	4.440E+18
Ce-143	4.828E+18	4.384E+18	4.342E+18	4.256E+18	4.136E+18	4.077E+18	3.985E+18	3.946E+18
Ce-144	1.358E+18	2.835E+18	2.880E+18	3.209E+18	3.036E+18	3.257E+18	3.006E+18	3.181E+18
Pr-143	4.803E+18	4.359E+18	4.317E+18	4.231E+18	4.108E+18	4.049E+18	3.954E+18	3.915E+18
Nd-147	1.920E+18	1.807E+18	1.817E+18	1.812E+18	1.789E+18	1.793E+18	1.782E+18	1.794E+18
Np-239	4.113E+19	4.345E+19	4.744E+19	5.126E+19	5.431E+19	5.869E+19	6.201E+19	6.550E+19
Pu-238	5.595E+13	8.651E+14	1.862E+15	3.385E+15	5.520E+15	8.182E+15	1.148E+16	1.508E+16
Pu-239	3.519E+14	6.770E+14	7.563E+14	8.068E+14	8.355E+14	8.545E+14	8.631E+14	8.657E+14
Pu-240	1.236E+14	5.807E+14	8.280E+14	1.057E+15	1.286E+15	1.482E+15	1.627E+15	1.725E+15
Pu-241	1.068E+16	1.406E+17	2.047E+17	2.710E+17	3.187E+17	3.670E+17	4.133E+17	4.563E+17
Am-241	1.718E+12	6.508E+13	1.569E+14	2.155E+14	3.243E+14	3.525E+14	4.457E+14	4.429E+14
Cm-242	9.792E+13	1.086E+16	3.689E+16	6.834E+16	1.116E+17	1.574E+17	2.001E+17	2.494E+17
Cm-244	1.720E+11	8.919E+13	4.342E+14	1.423E+15	3.586E+15	7.677E+15	1.437E+16	2.476E+16

표 2.4 영광 3,4호기 방출목록의 핵종그룹별 방출 분율

핵종그룹	STC-3	STC-4	STC-6&10	STC-7&11	STC-8&12	STC-1&2&13
Noble Gases	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.
Iodine	6.77E-02	2.22E-01	8.01E-03	8.41E-03	2.58E-02	0.
Cesium	8.82E-02	2.23E-01	6.33E-03	1.14E-03	3.36E-02	0.
Tellurium	1.07E-02	3.49E-02	1.71E-03	6.12E-04	3.71E-02	0.
Barium	1.00E-03	3.29E-03	4.31E-03	1.08E-06	1.57E-02	0.
Strontium	7.71E-04	2.52E-03	3.22E-05	8.05E-07	3.87E-03	0.
Ruthenium	1.38E-03	4.51E-03	2.30E-08	5.75E-07	2.30E-05	0.
Lanthanum	4.87E-04	1.59E-03	5.04E-07	1.30E-08	5.04E-07	0.
Cerium	4.88E-04	1.60E-03	7.56E-07	1.90E-08	7.56E-07	0.

핵종그룹	STC-14	STC-15	STC-16	STC-17	STC-18	STC-19
Noble Gases	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	7.41E-01
Iodine	6.95E-01	1.97E-01	5.02E-03	6.02E-02	3.59E-01	1.13E-01
Cesium	5.85E-01	1.29E-01	3.29E-03	3.95E-02	2.35E-01	9.24E-02
Tellurium	1.96E-01	3.59E-02	9.12E-04	1.09E-02	6.53E-02	9.27E-02
Barium	6.45E-03	1.18E-03	3.01E-05	3.61E-04	2.15E-03	1.46E-03
Strontium	4.02E-03	7.36E-04	1.87E-05	2.24E-04	1.34E-03	1.15E-03
Ruthenium	2.04E-03	3.74E-04	9.52E-06	1.14E-04	6.79E-04	8.21E-04
Lanthanum	1.00E-04	1.83E-05	4.66E-07	5.59E-06	3.33E-05	1.80E-05
Cerium	1.50E-04	2.75E-05	6.99E-07	8.39E-06	4.50E-05	2.55E-05

CRITERIA	CONBYPASS	CONISCLAT	MELTSTOP	NO-ALPHA	TIME-CF	MODE-CF	EXVCOOL	NO-RECSP	S T C #	FREQ
			MELT STOP	NO ALPHA CF					1	2.08E-6
					NO CF		COOLED		2	3.84E-6
						LEAK			3	7.25E-9
					EARLY		RUPTURE		4	5.82E-9
								NO FAILURE	5	0
		ISOLATED		NO ALPHA CF			COOLED	FAILURE	6	7.29E-8
						LEAK		NO FAILURE	7	1.61E-11
					LATE		NOT COOLED	FAILURE	8	2.19E-7
								NO FAILURE	9	0
			RV RUPTURE				COOLED	FAILURE	10	4.64E-8
						RUPTURE		NO FAILURE	11	1.02E-11
	NO BYPASS						NOT COOLED	FAILURE	12	1.40E-7
					BMT		NOT COOLED		13	3.36E-7
				ALPHA CF					14	1.14E-8
			CF BRB						15	2.55E-8
7.58E-6		NOTISO YES							16	2.37E-9
		NOTISO NO							17	5.30E-10
	EVENT V								18	5.51E-9
	STGR								19	7.85E-7

그림 2.1 영광 3,4호기의 방사선원 논리도

제 3 장 표본 계산

제 1 절 MACCS 코드 개요

MACCS 코드는 USNRC 지원하에 미국 SNL(Sandia National Laboratories)에서 CRAC2 코드를 대체하기 위해 개발된 코드로 원자력 발전소의 사고로 인한 소의 영향평가가 가능한 코드이다. 이 코드는 방사성 물질 방출로 인한 소의 결말 분석 모델링이 가능하며 이를 위해 대기내 이동 및 침적, 선량 계산, 건강영향 평가, 경제적 영향 평가 및 감소대책 등을 고려한다. 이 MACCS 코드 개발의 주요 목적은 불확실성 및 민감도 분석이 가능한 코드 구조 개발, 부지 특성을 고려한 결말 분석이 가능하도록 융통성 제공, 새로운 이론 및 방법론 반영이 용이한 모듈화 구조 제공, 다양한 컴퓨터 기종에서 사용이 가능한 프로그램 제공 등을 들 수 있다.

이 코드는 FORTRAN 77 ANSI Standard로 작성되었으며 주 프로그램 1개와 부 프로그램 및 함수 등을 포함하여 210개의 Routine으로 구성되어 있다. 최근 코드인 MACCS 1.5.11.1에는 여러 컴퓨터 기종 즉, IBM PC 호환 기종, RISC/6000, VAX/VMS, SUN SPARC, CRAY UNICOS 등에서 사용할 수 있는 프로그램이 제공되어 있다.

제 2 절 입력 파일

MACCS 코드의 모델링은 3단계로 구성되어 있는데 이는 ATMOS, EARLY, CHRONC이다. ATMOS 모듈은 방사성 물질의 대기내 이동 및 확산을 다룬다. EARLY 모듈은 사고 후 약 일주일 정도 기간의 비상대응 기간 동안의 인체 및 주변 환경에 미치는 영향 모델링을 취급하며 CHRONC 모듈은 비상대응 기간 동안 이후의 시간에서의 영향을 다룬다. 이들 모델링을 위한 기본 입력 파일은 다음과 같다.

1. ATMOS 입력 파일

ATMOS 모듈의 수행에 필요한 입력 자료 파일이며, 여기에서는 대기중에 방출된 물질의 확산과 침적을 바람 방향에서의 거리에 관한 함수로 계산하게 된다. ATMOS에서 다루는 현상은 건물의 wake 영향, Buoyant 플룸의 상승, 이동중 플룸의 확산, 건 침적과 습 침적, 방사성 붕괴이다.

여기에서 사용자가 제공해야할 자료는 우선적으로 발전소 주변 지역을 극좌표로 나타낼 때 필요한 방사상 공간 요소의 수, 그리고 km로 표시되는 각 요소의 중점이다. 한편, 기상 조건에 대해서도 사용자가 다른 대안을 선택할 수 있도록 프로그램이 구성되어 있는데, 기상 파일에서 고정된 시작 시간의 사용, 기상 bin 표본 추출, 사용자가 제공하는 120 시간의 기상, 일정한 기상 조건, 1 년중 하루에 의한 계층화 무작위 표본 추출의 5가지 방법 중에서 용도에 맞는 방법을 사용자가 선택하고 필요한 입력을 추가해야 한다. 그밖에도 방출에 관한 전반적인 사항들로 동시에 방출되는 플룸의 수, 열용량, 방출 높이, 입자의 크기 분포 등이 추가로 필요하다.

2. EARLY 입력 파일

조기 건강영향 평가를 위해 필요한 입력 자료로써 비상대응 기간 중의 방사선 피폭으로 인한 건강영향 및 피폭선량을 계산한다. 이를 통하여 조기 건강영향과 관련된 출력값으로 조기 사망, 암 사망, 각 장기별 선량, 리스크, 피폭선량 등을 얻을 수 있다. 또한, 사고 후 초기에 소개 및 대피자료를 입력함으로써 선량 감소 및 건강영향 감소 정도를 정량화할 수 있는데 주요 특징으로는 2가지의 비상대응에 대한 입력을 동시에 수행할 수 있다는 점이다.

3. CHRONC 입력 파일

비상대응 기간 이후의 영향 평가를 위해 필요한 입력자료로서 후기 건강영향 및 경제적 영향 평가를 위해 요구되는 자료를 입력하여야 한다. 필요한 자료로는 각 대상 지역의 지면비, 섭취인자, 농산물의 수확 시기, 인구 및 경제적 비용 등이다. 이들 자료와 제염, 사용제한 계획 비용 등 비상대응과 관련된 자료들에 의해 후기 암 및 사망 등에 대한 정량적인 평가 및 경제적 손실 비용 평가 등을 수행할 수 있다.

4. 선량 변환 인자 입력 파일

선량 변환 인자를 수록한 파일로 60 개의 핵종과 12개의 장기를 대상으로 선량 인자에 대한 값들이 주어지는데 이는 Cloudshine($Sv\cdot m^3/Bq\cdot sec$), 8 시간 동안 누적된 Groundshine($Sv\cdot m^2/Bq$), 7일 동안 누적된 Groundshine($Sv\cdot m^2/Bq$), Groundshine 선량률($Sv\cdot m^2/Bq\cdot sec$), 조기 건강영향 평가를 위한 흡입으로 인한 내부 선량(Sv/Bq), 전생애 피폭 계산을 위한 흡입으로 인한 내부 선량(Sv/Bq), 섭취로 인한 내부 선량(Sv/Bq)에 대해 값들이 주어진다.

5. 기상자료 입력 파일

고정된 기상 조건을 쓰지 않는 경우, 기상 자료가 반드시 주어져야 한다. 이 파일에는 1 년 동안의 매 시간당 기록으로 바람의 방향, 속도, 대기의 안정도, 누적 강수량 등이 포함되어 있다. 본 연구에서는 영광 발전소 주변의 기상 측정소에서 확보한 자료를 MACCS에서 필요로 하는 형태로 바꾸어 사용하였는데, 측정 시기는 1992 년으로 1 년 동안이다.

6. 부지 관련 입력 파일

부지 관련 입력 파일에서는 인구 분포, 부지를 둘러싼 지역에서의 토지 이용에 관한 정보를 제공해야 한다. 세부적으로는 부지에 대한 기하학적 자료, 인구 분포, 육지 지역의 분율, 수중 경로를 위한 유역 자료, 농지 사용과 경작 계절에 관한 정보, 지역별 경제 자료 등이 필요하다.

제 3 절 표본 계산

방출 변수가 소외 건강영향에 미치는 영향 평가를 수행하기 이전에 기본 자료를 토대로 한 표본 계산을 수행하였다. 방사선원 관련 자료인 핵종그룹별 방출 분율은 표 2.4의 자료를 이용하였으며 노심재고량 자료는 표 2.3의 자료 중 연소도가 44,000 MWD/MTU인 자료 즉, 주기말(EOC, End of Cycle)에서의 자료를 이용하였다. 이는 주기말에서 핵분열 생성물의 누적이 최대이기 때문에 보수적인 방사선 영향 평가 결과를 얻을 수 있기 때문이다. 발전소 부지를 중심으로 반경 80km까지 10개의 거리로 구분하였으며 16개의 방위각으로 구분하였다. 구분된 계산격자별 인구분포 자료는 영광 3,4호기의 FSAR 자료를 토대로 한 1992년도 인구분포 자료를 활용하였는데 이는 표 3.1에 나타난 바와 같다. 연간 기상자료도 부지 주변 기상탑에서 측정된 1992년도 자료를 이용하였다. 이 자료를 토대로 기후군(Weather Bin) 표본추출법을 활용한 기상자료를 계산에 이용하였다. 이외에 성인의 호흡율(Breathing Rate) 등과 같은 기본적인 입력자료는 MACCS 사용자 지침서에 나와 있는 기본값들을 사용하였는데 이는 NUREG-1150 연구에서 이용한 값들과 같다.

MACCS 코드에서 사고 발생 후 약 1주일 정도인 비상기간 동안 방사선 피폭으로 인해 인체에 미치는 영향을 감소시키기 위해 고려하는 비상대응 조치는 차폐, 소개, 임시

이주이다. 본 연구에서는 소개와 임시 이주를 비상대응 조치로 선정하였으며 차폐 지역(Sheltering Zone)은 고려하지 않았는데, 이는 NUREG-1150 연구에서 사용한 방법으로 비교가 용이하기 때문이다. 소개는 발전소로부터 16km 이상의 거리로 소개하는 것으로 가정하였으며 소개 속도는 1.8m/sec를 이용하였다. 소개시 반경 16km 이내의 주민들 중 95%는 16km 이외의 지역으로 소개되고 나머지 5%는 방사성 구름이 통과한 이후 이주하는 것으로 가정하였다.

위의 가정 및 모델링을 기초로 하여 기본적인 건강영향 평가 결과를 얻기 위한 MACCS 코드 입력 자료들 즉, YGNATMOS.INP, YGNEARLY.INP, YGNLATE.INP 등은 각각 부록 1, 2, 3에 나타난 바와 같다. 그리고 출력 파일 중에서 건강영향에 관한 출력의 요약 부분은 부록 4에 나타난 바와 같다.

기본적인 건강영향 평가 결과 즉, 조기 사망자 수, 암 사망자 수, 조기 사망 리스크, 암 사망 리스크는 표3.2에 요약되어 있으며 각각의 값은 평균값이다. USNRC의 연간 개인 조기 사망 및 암 사망 리스크에 관한 안전성 목표치는 각각 5.0×10^{-7} , 2.0×10^{-6} 인데 계산 결과에 의하면 영광 3,4호기의 경우, 개인 사망 리스크는 $7.52 \times 10^{-8}/\text{yr}$, 개인 암 사망 리스크는 $2.45 \times 10^{-7}/\text{yr}$ 이며 이들 값은 모두 USNRC의 안전성 목표치 이하이다.

또한 영광 3,4호기 IPE에서 정의된 19개 방사선원 방출 목록(STC) 중 STC-19가 개인 조기 사망 리스크 및 개인 암 사망 리스크에 미치는 영향이 가장 크다. 내부사건 중 이 STC-19에 가장 큰 영향을 미치는 초기 사건은 증기발생기 관 파열(SGTR)이며 이 SGTR에 의한 격납건물 우회(Containment Bypass)가 격납건물 파손 형태 중 가장 지배적인 영향을 미치기 때문에 개인 조기사망 및 암사망에 의한 리스크를 감소시키기 위해서는 STGR 사고를 감소시키기 위한 방안이 강구되어야 한다[10].

표 3.1 영광 원자력발전소 주변 인구분포 (1992년)

방향	발전소로부터 거리 (km)										
	0	1.6	3.2	4.8	6.4	8.0	16.0	32.0	48.0	64.8	80.0
N	57	0	0	0	0	0	0	3297	707	707	
NNE	0	60	41	40	204	700	6926	13878	46245	291577	
NE	29	57	199	504	949	4318	17338	41967	108559	424938	
ENE	1025	1051	276	626	1194	4738	16027	110307	41961	166189	
E	495	294	703	1003	4777	3352	203	31809	46647	46647	
ESE	102	673	230	580	674	5209	18301	81736	552453	35337	
SE	3	1106	1938	549	707	6072	20376	88342	607201	50311	
SSE	42	428	525	4860	1819	6845	24740	41277	90629	44715	
S	31	294	723	144	108	5115	15459	28381	41587	253422	
SSW	73	230	14	134	347	1734	6282	19960	15141	19122	
SW	14	45	0	0	0	0	146	4801	1938	0	
WSW	3	0	0	0	0	0	292	292	646	0	
W	0	0	0	0	0	0	73	290	0	0	
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NW	0	0	0	0	0	0	286	857	0	0	
NNW	0	0	0	0	0	0	1715	0	0	0	

표 3.2 영광 3,4호기 건강영향 평가 결과

방사선원 방출목록	사고 빈도	건강영향 및 리스크			
		조기 사망자수	암 사망자수	조기사망 리스크	암사망 리스크
3	7.67E-08	9.51E+00	2.49E+03	2.11E-10	5.58E-09
4	4.36E-08	6.10E+01	3.43E+03	9.03E-10	6.32E-09
6	7.24E-07	3.40E-05	1.02E+03	6.33E-14	5.42E-09
7	3.68E-10	1.44E-05	6.58E+02	1.36E-17	1.85E-12
8	2.31E-06	2.00E+00	2.01E+03	1.33E-09	6.35E-08
10	4.61E-07	3.40E-05	1.02E+03	4.03E-14	3.45E-09
11	1.23E-10	1.44E-05	6.58E+02	4.52E-18	6.15E-13
12	1.47E-06	2.00E+00	2.01E+03	8.46E-10	4.03E-08
14	7.01E-08	2.12E+02	4.17E+03	5.14E-09	8.41E-09
15	2.19E-07	4.38E+01	2.73E+03	3.06E-09	1.37E-08
16	3.30E-08	5.10E-05	8.85E+02	4.32E-15	2.18E-10
17	7.37E-09	2.75E+00	2.04E+03	5.81E-12	2.12E-10
18	5.51E-09	8.92E+01	3.25E+03	1.77E-10	4.67E-10
19	1.21E-06	1.45E+02	3.18E+03	6.36E-08	9.78E-08
합				7.52E-08	2.45E-07

제 4 장 방출 변수 영향 평가

제 1 절 방출 변수

방사선원 방출 특성을 결정하는 여러가지 방출 변수(Release Parameter)들 중에서 본 연구에서 건강영향 및 리스크에 미치는 영향평가를 위해 채택한 방출 변수들은 방출 고도(Release Height), 열 함량(Heat Content), 연소도(Burnup), 방출 시간(Release Time), 방출 기간(Release Duration), 경고 시간(Warning Time) 이다.

방출 고도(Release Height)는 실제로 방출이 발생하는 주변 지역으로부터의 고도를 의미한다. 일반적으로 방출이 발생하는 정확한 높이를 파악하기가 어렵기 때문에 가장 보수적인 결과를 얻기 위해서는 지상 방출(Ground Release)을 가정하기도 한다. 이 방출 고도는 대기확산 계산이나 주변 건물이 대기 확산에 미치는 영향을 분석하는데 매우 중요한 변수이다. 만약 방출되는 방사성 물질이 열을 포함하고 있을 경우에는 플룸 상승이 발생하는데 실제 계산에서는 이 방출 고도에 플룸 상승에 의한 값을 더한 유효 방출 고도(Effective Release Height)가 이용된다.

만약에 사고시 환경으로 방출되는 방사성 물질의 온도가 주변 대기 온도보다 높으면 열 부력(Thermal Buoyancy)에 의해 플룸 상승(Plume Rise)이 발생한다. 이 플룸 상승에 영향을 미치는 중요한 인자는 운동량과 열 함량(Heat Content)인데 일반적으로 운동량에 의한 플룸 상승은 고려되지 않으며 열 부력에 의한 플룸 상승만이 고려된다. 이 플룸 상승은 임계 풍속 이하에서는 발생하지 않으며(Liftoff Criterion), 또한 혼합 고도(Mixing Height)에 의해 제한을 받는다.

연소도(Burnup)는 핵분열이나 다른 핵반응에 의해 핵연료로부터 생성되어 나오는

열로써 일반적으로 연소도가 증가하면서 생성되는 방사성 물질의 양도 증가한다. 즉 연소도 변화에 따라 방사성 물질의 노심 재고량(Core Inventory)에 변화가 발생한다. 이 연소도의 변화 즉 노심 재고량의 변화는 ORIGEN2 코드를 활용하여 계산하였다.

방출 시간(Release Time)은 사고로 인해 원자로가 정지되고 난 이후부터 환경으로의 방출이 시작되는 시점까지의 시간이다. 만약 이 시간이 “0”이 아니면 그 시간 동안에 방사성 붕괴가 발생하기 때문에 방사성 붕괴에 의한 핵종의 변화 즉, 모핵종의 감소 및 자핵종의 생성 및 축적(Buildup)이 고려되어야 한다.

방출 기간(Release Duration)은 환경으로의 방출 시작 시점과 종료 시점 사이의 시간으로 이는 격납건물의 특성에 의해 좌우된다. 이 기간 동안에 방출되지 않은 방사성 물질은 방사성 붕괴를 하기 때문에 양의 변화가 생기며 또한 풍향이 바뀌게 되면 방출된 방사성 물질의 영향을 받는 지역이 넓어지기도 한다. 그리고, 동일한 방출 분율의 방사성 물질이 방출된다고 할지라도 시간 적분된 방사성 물질의 최대 농도는 이 시간이 긴 경우에 비해 짧은 경우가 그 값이 훨씬 크게 나타나기도 한다.

경고 시간(Warning Time)은 방사성 물질의 환경으로의 방출이 예측된다고 주변 주민에게 알리는 시점과 실제 방출이 시작되는 시점 사이의 시간이다. 이는 비상계획 절차를 마련하는데 중요한 인자이며 소외 건강영향 및 리스크를 감소시키기 위한 대책이 결말 분석에 이용될 경우 매우 중요하다.

제 2 절 건강영향 인자

원자력 발전소 중대사고시 환경으로 방출되는 건강영향 및 이로 인한 리스크 중 본 연구에서 방출 변수의 영향으로 인한 민감도 분석을 위해 채택한 건강영향 인자들은

조기 사망자 수, 암 사망자 수, 반경 8km 이내의 조기 상해자 수, 반경 80km 이내의 암 상해자 수, 반경 1.6km 이내의 조기 사망 리스크, 반경 8km 이내의 인구가중 조기 사망 리스크, 반경 16km 이내의 인구가중 암 사망 리스크, 전생애 동안 인구집단 유효 전신 피폭선량, 조기 피폭선량 1.5Sv 초과자 수, 조기 사망 발생이 예측되는 거리이다.

조기 건강영향, 즉 조기 사망(Early Fatalities)과 조기 상해(Early Injuries)에 영향을 미치는 기관들과 증상은 표 4.1에 나타난 바와 같다. 표에 나타난 바와 같이 조기 사망은 골수, 폐, 위장계의 기능 손상으로부터 발생하며 조기 상해는 위, 폐, 피부, 갑상선의 기능 손상으로부터 야기되는 구토, 설사, 폐렴, 피부 홍반, 피부조직 이상, 갑상선염, 갑상선 기능부전 등이 이에 속한다.

후기 건강영향인 암 사망(Cancer Deaths)과 암 상해(Cancer Injuries)에 영향을 미치는 암의 종류 및 기능 상실을 통하여 이들 암을 유발시키는 기관들은 표 4.2에 요약된 바와 같다. 대표적인 암 종류는 백혈병, 골수암, 흉부암, 폐암, 갑상선암, 위암 및 기타 암이며 이들로부터 사망이나 상해를 유발한다.

조기 사망 리스크는 모든 계산 격자에서의 조기사망으로 인한 리스크 값들의 합을 격자 수로 나눈 평균값을 의미한다. 따라서, 반경 1.6 km 이내의 조기 사망 리스크는 이 거리 내에서의 조기 사망 리스크의 평균값을 의미한다.

인구가중(Population Weighted) 건강영향 리스크는 특정 지역에서의 건강영향 리스크를 그 지역 전체 인구수로 나눈 값으로써 본 연구에서는 반경 8km 이내에서의 조기 사망과 반경 16km 이내에서의 암 사망을 건강영향 인자로 선정하여 그들 값의 변화를 살펴보았다.

특정 지역에서 인구집단 전체가 특정 신체기관에 대해 피폭받는 피폭선량도 매우 중요한 의미를 갖는데 여기서는 계산 구역 내에서의 전체 인구가 전생애 동안 받을 가능성이 있는 유효 전신 피폭선량을 선택하였다. 만약, EARLY 모듈에 대해서만 계산이 이루어질 경우에는 EARLY 모듈에서 고려하고 있는 피폭경로별 피폭선량이 고려되지만 본 연구에서는 EARLY와 CHRONC 모두 계산을 수행했기 때문에 MACCS에서 고려한 7가지 피폭경로 모두에서 받는 피폭선량들의 합으로써 계산이 이루어진다.

조기 건강영향 중에서 일정 피폭선량 이상을 피폭받는 사람의 수는 EARLY 모듈에서 계산이 가능하며 이는 피폭선량 기준을 정하는데 있어서 매우 중요한 인자이다. 본 연구에서는 골수에 대한 급성 피폭선량(Acute Dose)이 1.5Sv 이상인 사람 수의 변화를 건강영향 인자로 선정하여 그 변화를 살펴보았다. 이 피폭선량 1.5Sv는 이 값을 골수가 피폭받을 경우 조기 사망을 일으킬 수 있는 문턱 선량(Threshold Dose)이다.

조기 사망 발생 거리나 조기 사망 리스크가 일정한 값 이상이 되는 거리를 알아내는 일은 매우 중요하다. 이를 통하여 조기사망 발생이 가능한 지역의 크기에 관한 정보를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 조기 사망이 발생하는 거리를 인자로 선정하여 그 변화를 살펴보았다.

제 3 절 결과 및 토의

1. 방출 고도

방출 고도(Release Height)의 변화에 따른 건강영향 인자의 변화는 그림 4.1 ~ 4.10에 도시된 바와 같으며 방출 고도는 0m 부터 60m까지 5m 간격으로 그 값을

변화시켜가며 그 영향을 살펴보았다. 결과에 의하면 방출 고도의 변화는 후기 건강영향 즉, 암 사망, 암 상해, 인구가중 암 사망 리스크에 미치는 영향이 거의 없음을 알 수 있다. 그러나, 조기 건강영향 즉, 조기 사망, 조기 상해, 조기 사망 리스크, 조기 사망 발생 거리 등은 방출 고도가 증가할수록 그 값이 감소하며 조기 상해자 수는 다른 조기 건강영향 인자들과는 달리 방출 고도가 증가할수록 그 값이 약간 감소하지만 다른 인자들이 받는 영향보다는 그 정도가 매우 낮다.

이는 방출 고도가 높을수록 대기 난류가 대기확산에 미치는 영향이 크기 때문에 방사성 물질의 영향을 받는 지역은 넓어지지만 그 농도는 적어지기 때문에 조기 건강영향에 미치는 영향은 방출 고도가 높아질수록 적어지며 후기 건강영향은 장기간에 걸친 영향이기 때문에 방출 고도의 변화에 따른 영향이 무시할 정도이다. 따라서, 건강영향에 대한 보수적인 결과를 얻기 위해서 정확한 방출 고도를 알 수 없을 경우 지상방출을 가정하는 일반적인 경향은 타당하다고 볼 수 있다.

2. 열 함량

열 함량(Heat Content)의 변화에 따른 건강영향 인자의 변화는 그림 4.11 ~ 4.20에 도시된 바와 같으며 열 함량의 값은 0 MW ~ 60 MW이다. 열 함량의 값이 증가함에 따라 조기 건강영향 및 후기 건강영향 모두 그 값이 감소함을 알 수 있다. 특히 열 함량의 증가에 따른 건강영향 인자 값들의 감소도는 대부분의 경우 완만하지만 조기 사망자 수, 조기 사망 리스크, 조기 피폭선량 1.5Sv 초과자 수는 열 함량이 0 MW에서 20MW까지 증가할 경우 건강영향 인자 값들의 감소 폭이 매우 크게 나타남을 알 수 있다.

이는 열 함량이 증가할수록 플룸 상승(Plume Rise)이 증가하기 때문에 방사성

물질의 이동 및 확산이 진행되는 초기에 발전소로부터 바람 방향으로의 거리가 10마일 혹은 그 이상까지 플룸 상승이 진행되며 이로 인하여 방사성 물질의 농도가 매우 낮은 지역이 발생하고 그 이후의 거리에서는 플룸 상승이 정지되고 다시 대기 난류에 의해 방사성 물질이 지상으로 이동하기 때문이다. 그러나, 플룸 상승으로 인하여 10마일 혹은 그 이상의 거리에서 강수에 의한 침적이 발생할 경우에는 건강영향 인자들의 값이 급격히 증가할 수도 있지만 본 연구의 결과에서는 그러한 경향을 보이지 않는데 이는 이러한 강수에 의한 침적이 발생하지 않았기 때문이다.

3. 연소도

연소도의 변화는 궁극적으로 노심 재고량(Core Inventory)의 변화를 의미하며 방출 분율이 일정할 경우에는 방출률의 변화를 의미한다. 이 연소도(Burnup)의 변화에 따른 건강영향 인자의 변화는 그림 4.21 ~ 4.30에 도시된 바와 같다. 결과에 의하면 연소도가 증가할수록 후기 건강영향 인자인 암 사망, 암 상해, 암사망 리스크는 그 값들이 증가하는 반면 조기 사망, 조기 피폭선량 1.5Sv 초과자 수, 조기사망 발생 거리 등의 연소도 변화에 따른 값의 변화가 거의 없다. 다만, 조기 상해자 수는 연소도 증가에 따라 그 값이 증가함을 보여 준다.

표 2.1에 나타나 있는 건강영향 평가에서 고려하고 있는 60개의 동위원소 중 조기 건강영향에 가장 중요한 영향을 미치는 핵종 그룹은 Iodine과 Tellurium 그룹으로 알려져 있으며 후기 건강영향에 가장 큰 영향을 미치는 핵종 그룹은 Cesium 그룹으로 알려져 있다[11]. 일반적으로 연소도가 증가하면 모든 핵종들의 노심재고량은 증가하는데 표 2.3에 나타난 연소도별 노심 재고량의 변화를 보면 Iodine과 Tellurium 그룹에 속하는 원소들의 연소도 증가에 대한 노심 재고량의 증가에 비해 Cesium 그룹에 속하는 원소들의 증가가 훨씬 크다는 것을 알 수 있다.

따라서, 연소도가 증가함에 따라 후기 건강영향 인자 즉, 암 사망, 암 상해, 암 사망 리스크는 증가하며 상대적으로 조기 건강영향 인자들의 값은 거의 변화가 없음을 보여준다.

4. 방출 시간

방출 시간(Release Time)의 변화에 따른 건강영향 인자의 변화는 그림 4.31 ~ 4.40에 도시된 바와 같다. 결과에 의하면 모든 건강영향의 경우 거의 유사한 경향을 보여 준다. 조기 건강영향의 경우 방출 시간 1시간의 경우 30분에 비해 감소하다가 2시간이 되면 최대값을 가지며 이후의 방출 시간에 대해서는 급격히 감소함을 보여준다. 이는 방출 시간이 증가함에 따라 발생하는 방사성 붕괴에 의한 핵종의 변화 때문이다. 후기 건강영향의 경우에는 방출 시간 2시간까지는 증가하다가 조기 건강영향의 경우와 마찬가지로 이후의 방출 시간에 대해서는 급격히 감소한다. 이는 방출 시간의 정의가 원자로 정지 후 방출이 시작되는 시점까지의 시간이므로 방출 시간이 길어질수록 방사성 붕괴 시간이 길어지기 때문이다.

5. 방출 기간

방출 기간(Release Duration)의 변화에 따른 건강영향 인자의 변화는 그림 4.41 ~ 4.50에 도시된 바와 같다. 결과에 의하면 암 사망자 수, 암 상해자 수, 인구집단 유효 전선 피폭선량의 경우에는 약간의 증가를 보여주지만 나머지 건강영향 인자들의 값은 방출지속 시간이 증가하면서 감소하는 경향을 보여준다.

이 방출 기간이 증가한다는 의미는 이 시간 동안에 방출되지 않은 방사성 물질이 방사성 붕괴를 일으키기 때문에 방출되는 방사성 물질의 양에 변화가 생기며, 또한

확산 도중에 풍향이 바뀔 가능성이 크기 때문에 피해 지역이 넓어질 가능성도 있다. 그리고, 대기확산 평가시 이 방출 기간의 증가는 수평 확산계수의 증가를 통하여 보정해주기 때문에 방사성 물질이 더 넓은 지역으로 확산이 이루어진다는 의미이다. 따라서, 조기 건강영향 인자는 방출지속 시간이 증가함에 따라 그 영향이 감소하는 경향을 보여주며 인구집단 전신 유효 피폭선량은 넓은 지역에 걸쳐 확산이 이루어지기 때문에 그 값이 증가함을 보여준다.

6. 경고 시간

경고 시간(Warning Time)의 변화에 따른 건강영향 인자의 변화는 그림 4.51 ~ 4.60에 도시된 바와 같다. 결과에 의하면 경고 시간이 증가하면 암 사망이나 암 상해와 같은 후기 건강영향은 경고 시간 2시간 정도까지는 감소하다가 그 이후의 시간에 대해서는 거의 변화가 없음을 보여준다. 조기 건강영향의 경우, 조기 상해자 수는 경고 시간 2시간까지 급격히 감소하다가 이후의 시간에서는 거의 변화가 없음을 보여준다. 그러나, 조기 사망자 수와 이로 인한 조기사망 리스크는 경고 시간이 증가할수록 오히려 증가함을 보여준다. 이런 경향을 보이는 주된 이유는 본 계산에서 채택한 비상 대응책 중 소개시 지연시간이 존재하는데 이를 2시간으로 지정하였기 때문이다. 즉 경고 이후 2시간 동안은 정상적인 활동을 하고 이후에 소개가 이루어지기 때문이다.

표 4.1 조기 건강영향에 영향을 미치는 기관 및 증상

조기 건강영향	결과		손상 기관
	사망	상해	
조혈 증후군	○		골수
폐 증후군	○		폐
장 증후군	○		대장
구토		○	배
설사		○	배
Pneumonitis		○	폐
피부 홍반		○	피부
피부조직 이상		○	피부
갑상선염		○	갑상선
갑상선 기능부전		○	갑상선

표 4.2 후기 건강영향에 영향을 미치는 기관 및 증상

Chronic Health Effect	결과		손상 기관
	암	사망	
백혈병	○	○	골수
뼈 암	○	○	뼈
흉부 암	○	○	가슴
폐 암	○	○	폐
갑상선 암	○	○	갑상선
대장 암	○	○	대장
기타 암	○	○	대장

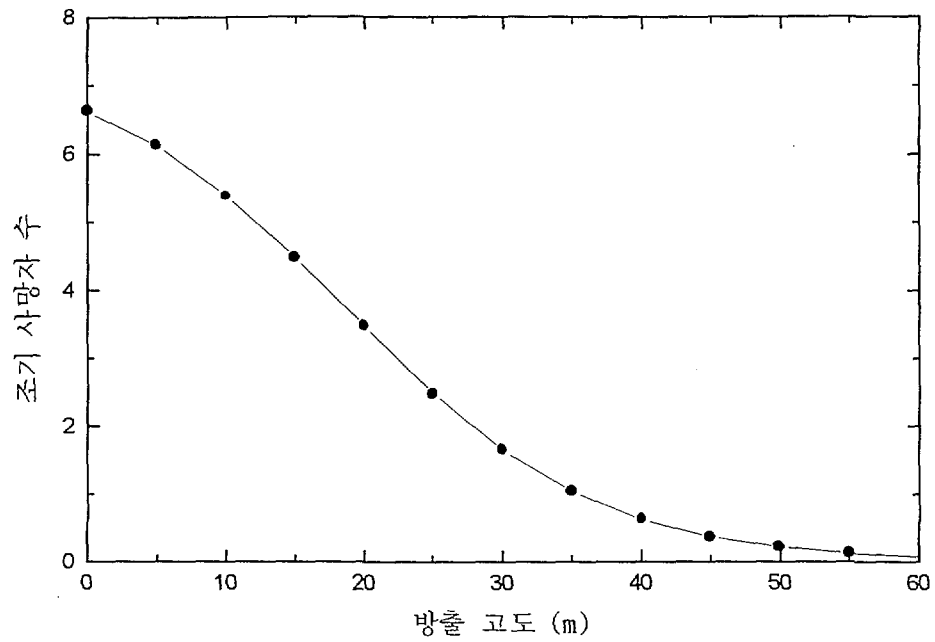


그림 4.1 방출 고도 변화에 따른 조기 사망자 수의 변화

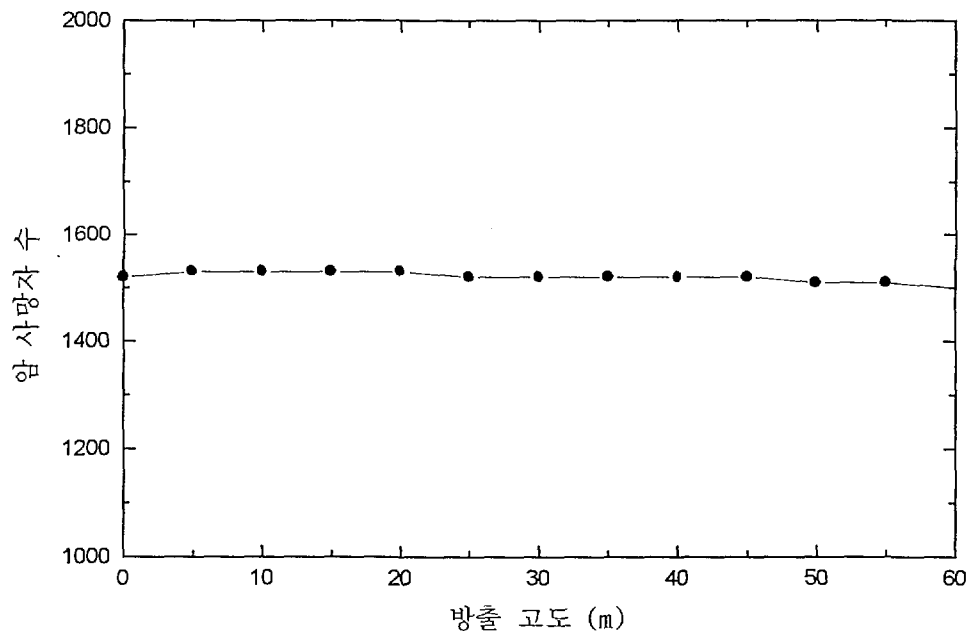


그림 4.2 방출 고도 변화에 따른 암 사망자 수의 변화

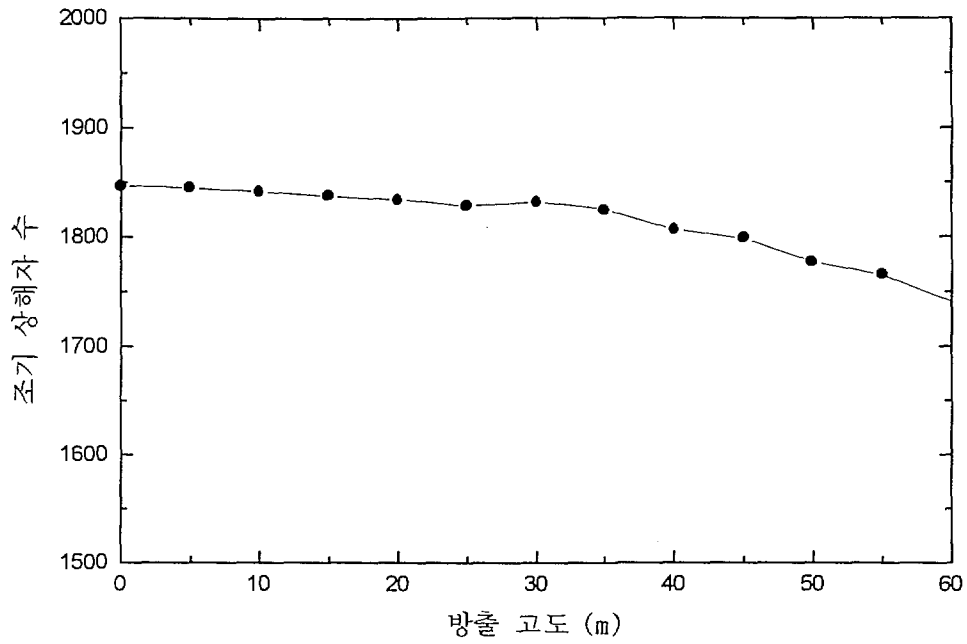


그림 4.3 방출 고도 변화에 따른 조기 상해자 수의 변화

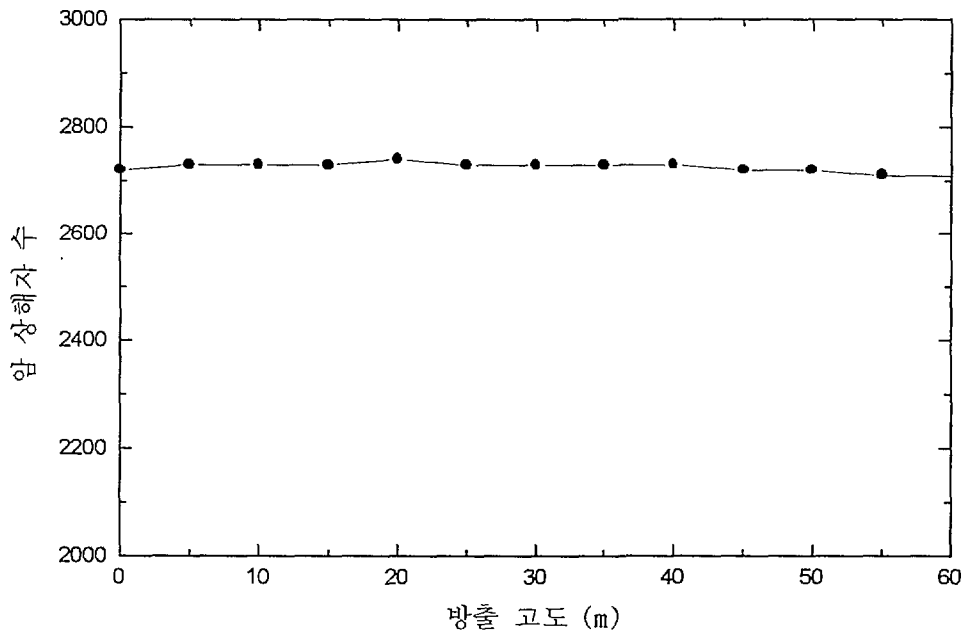


그림 4.4 방출 고도 변화에 따른 암 상해자 수의 변화

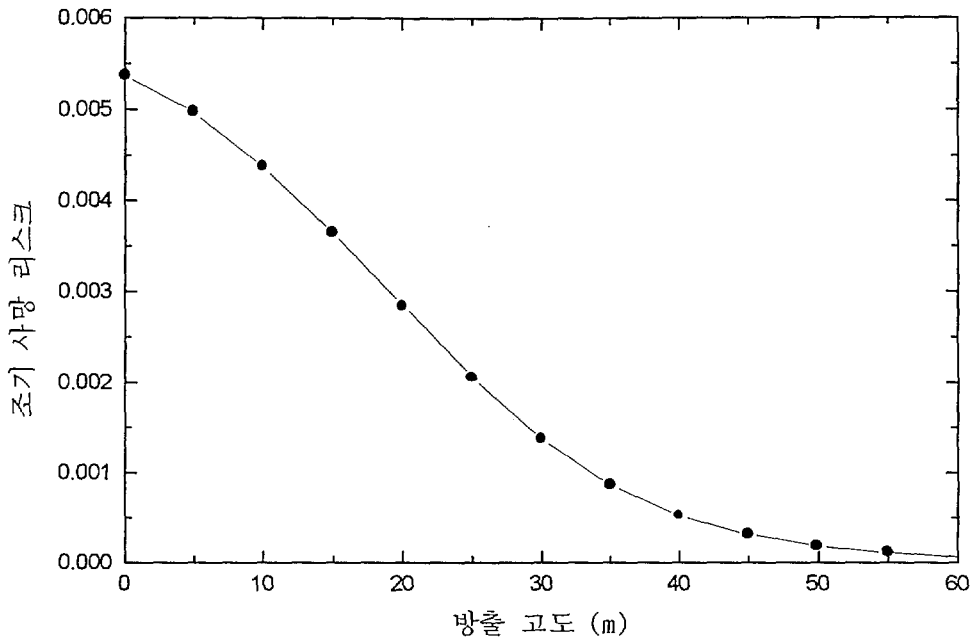


그림 4.5 방출 고도 변화에 따른 조기 사망 리스크의 변화

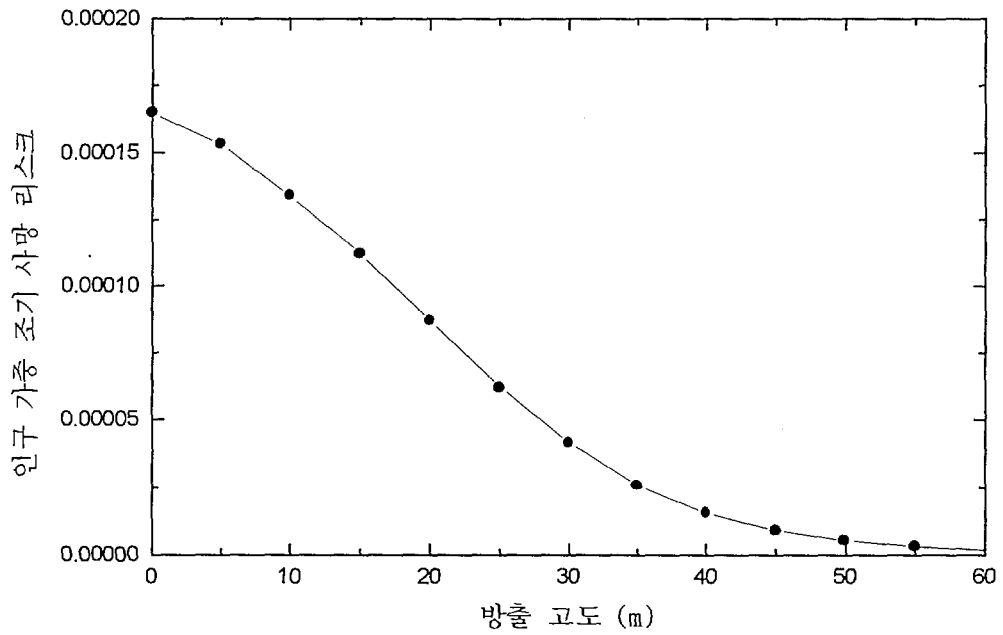


그림 4.6 방출 고도 변화에 따른 인구 가중 조기 사망 리스크의 변화

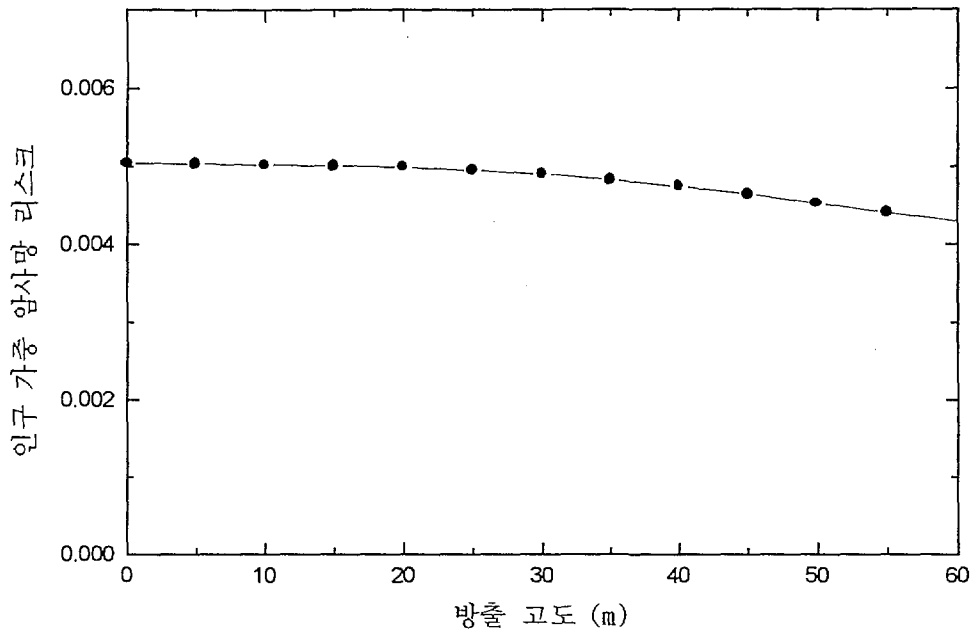


그림 4.7 방출 고도 변화에 따른 인구 가중 암사망 리스크 변화

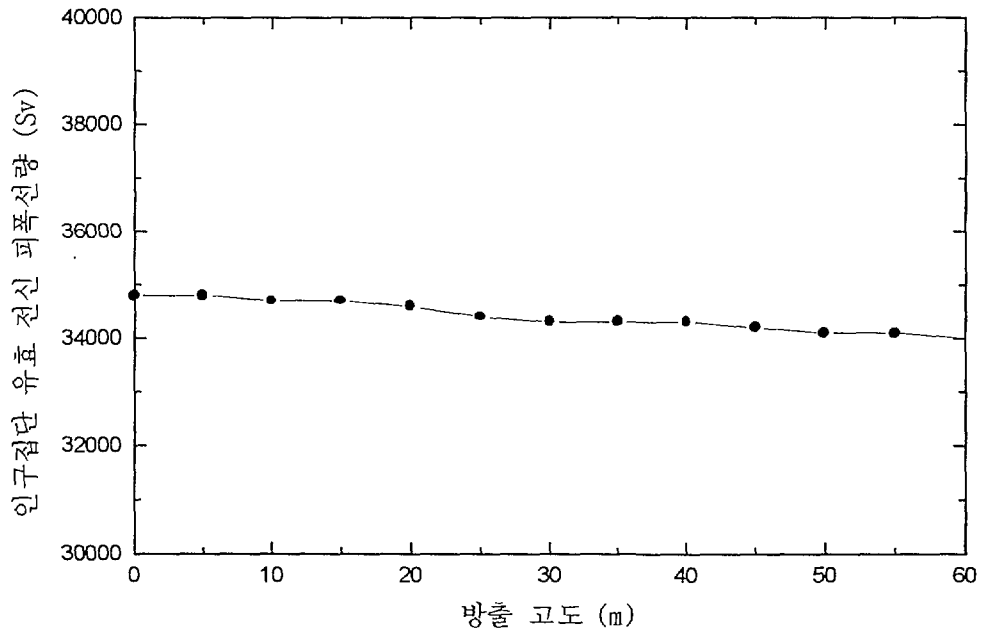


그림 4.8 방출 고도 변화에 따른 인구집단 유효 전선 피폭선량의 변화

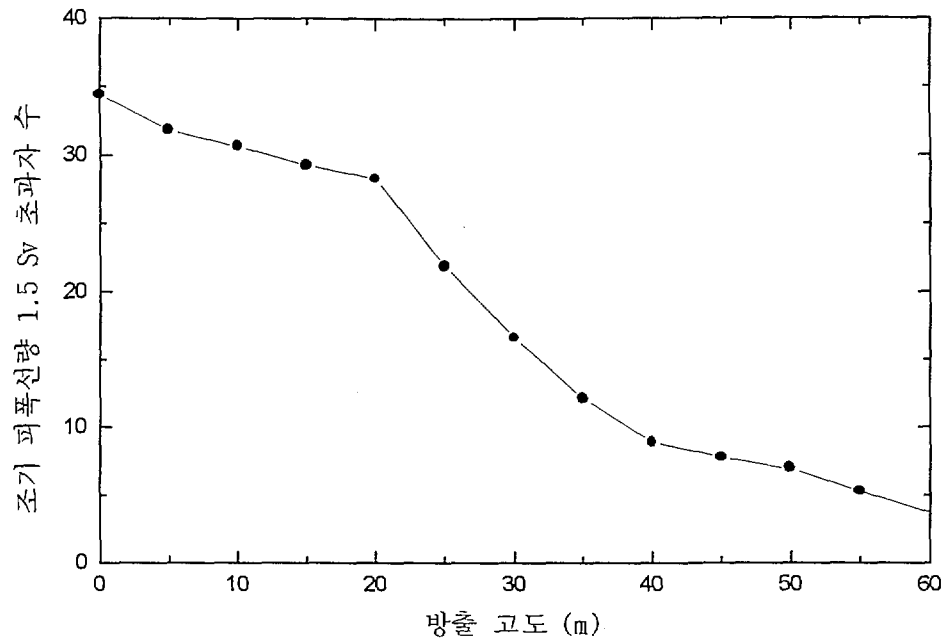


그림 4.9 방출고도 변화에 따른 조기 피폭선량 1.5 Sv를 초과자 수의 변화

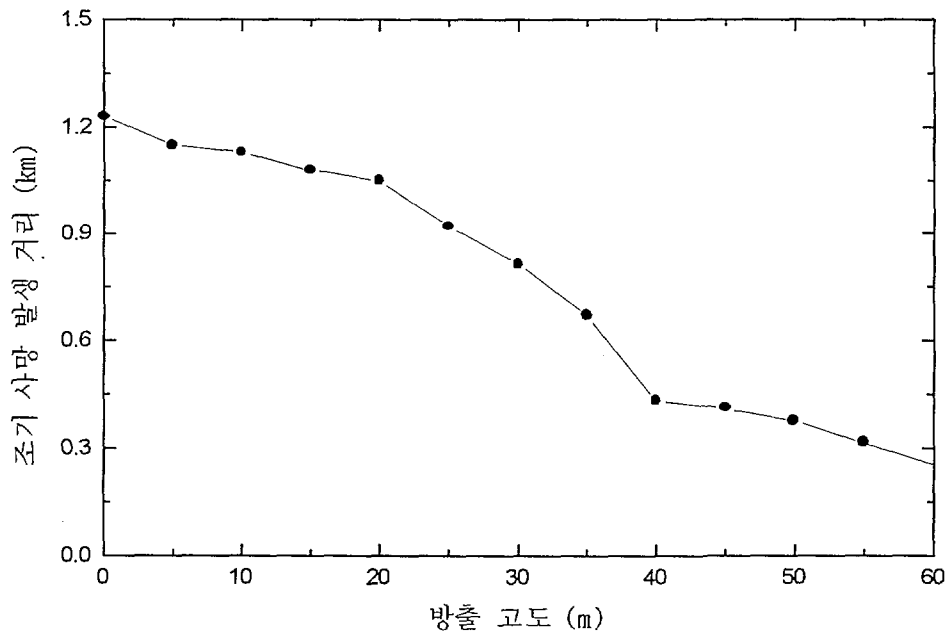


그림 4.10 방출 고도 변화에 따른 조기 사망 발생 거리의 변화

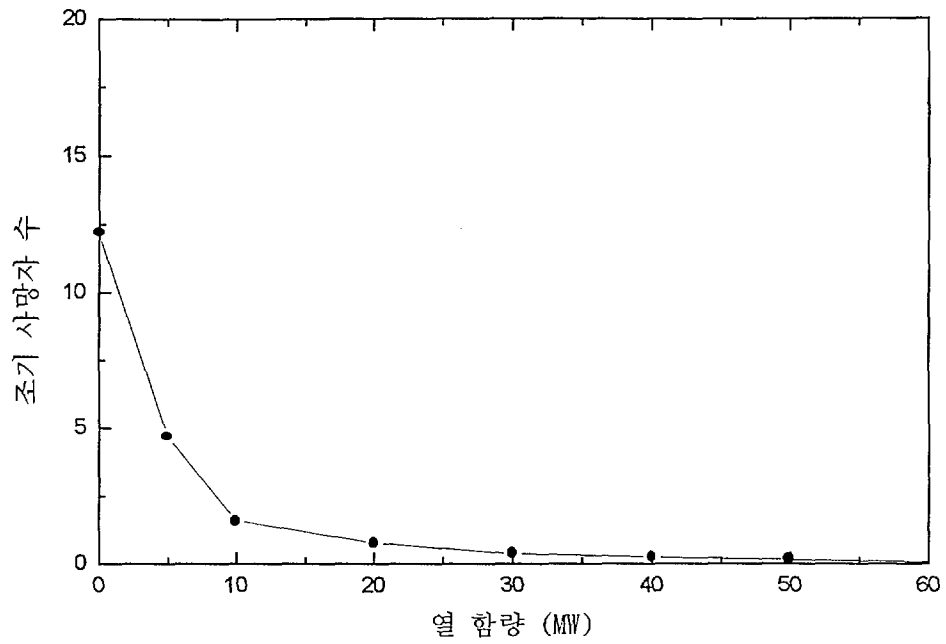


그림 4.11 열 함량 변화에 따른 조기 사망자 수의 변화

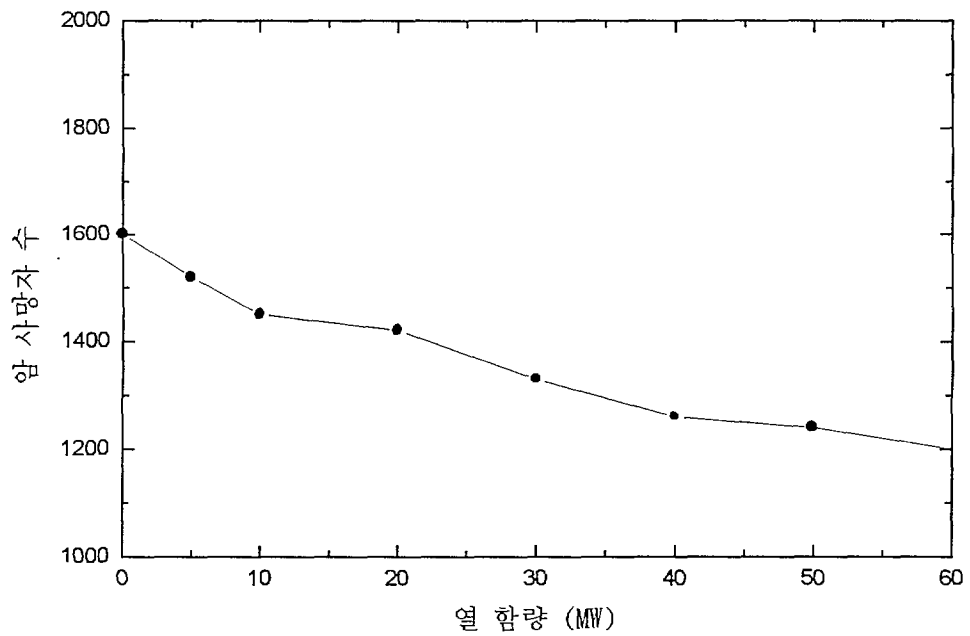


그림 4.12 열 함량 변화에 따른 암 사망자 수의 변화

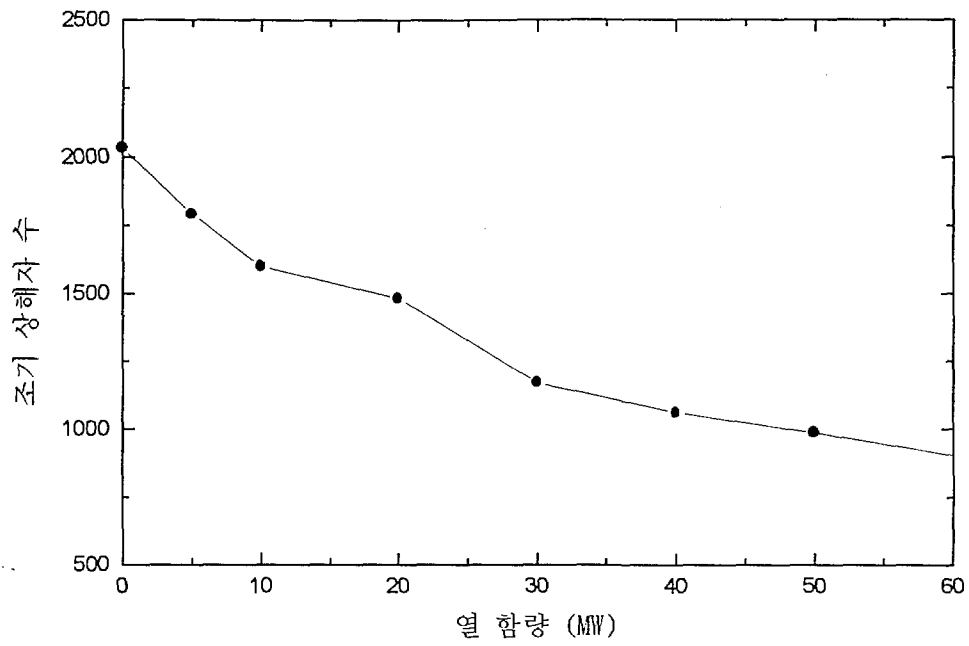


그림 4.13 열 함량 변화에 따른 조기 상해자 수의 변화

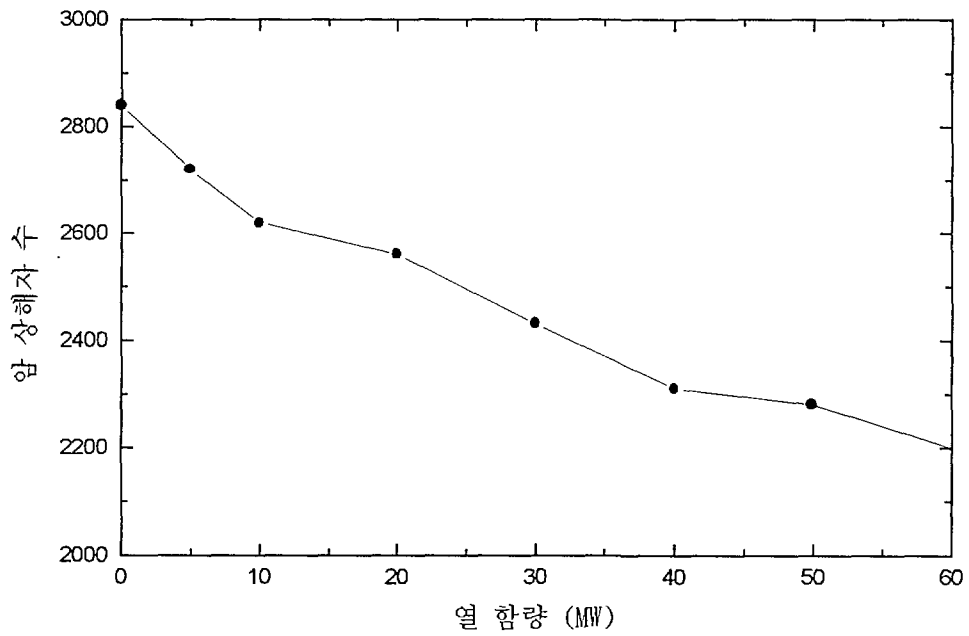


그림 4.14 열 함량 변화에 따른 암 상해자 수의 변화

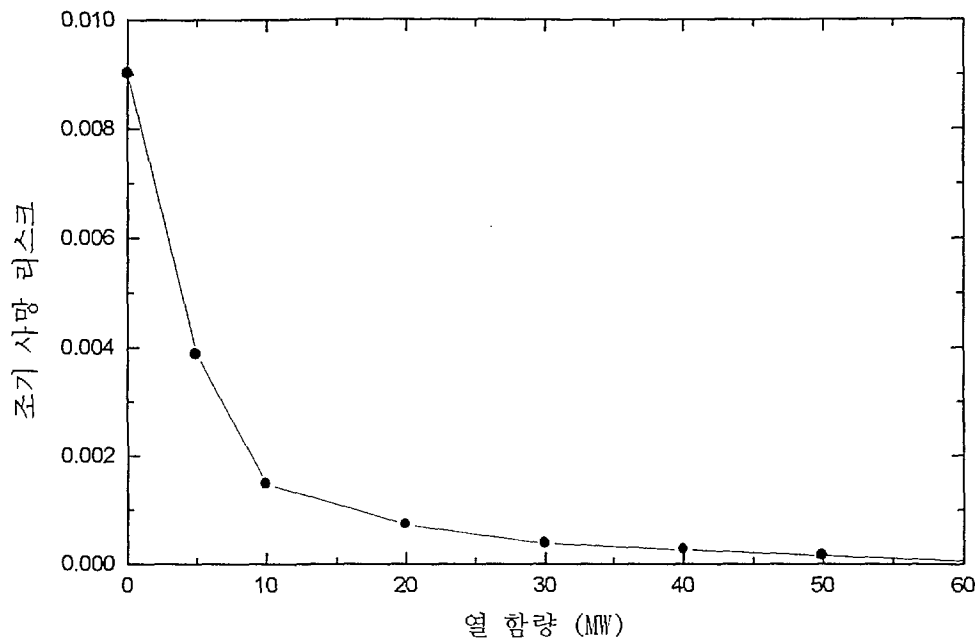


그림 4.15 열 함량 변화에 따른 조기 사망 리스크의 변화

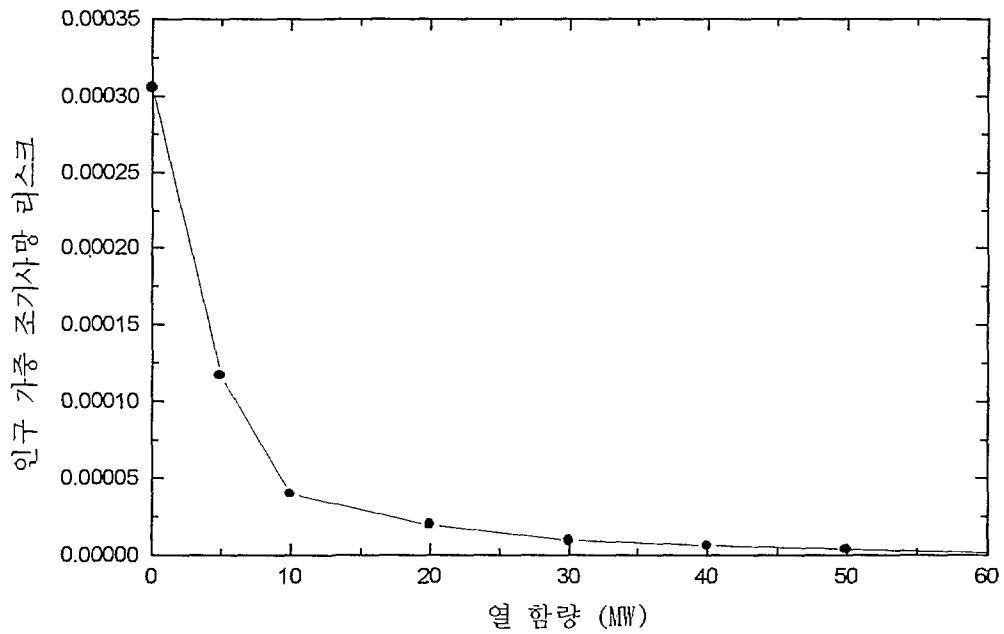


그림 4.16 열 함량 변화에 따른 인구 가중 조기 사망 리스크의 변화

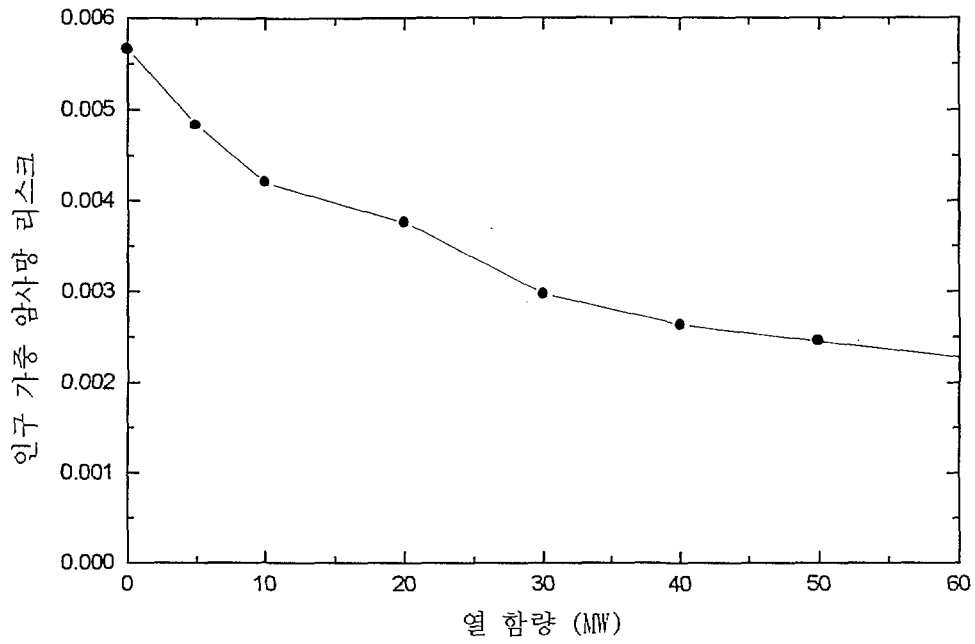


그림 4.17 열 함량 변화에 따른 인구 가중 암사망 리스크 변화

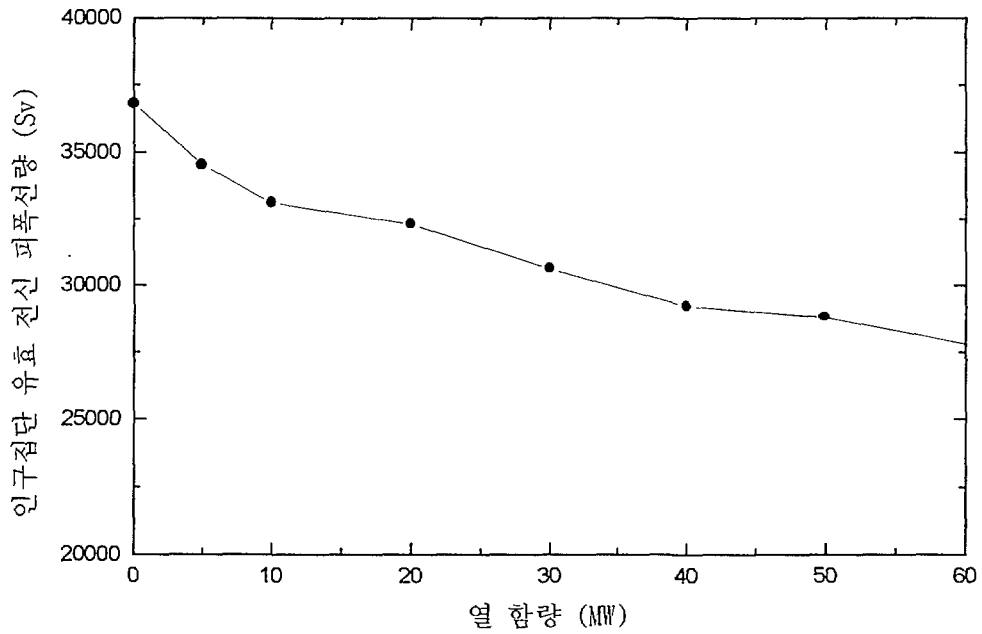


그림 4.18 열 함량 변화에 따른 인구집단 유효 전선 피폭선량의 변화

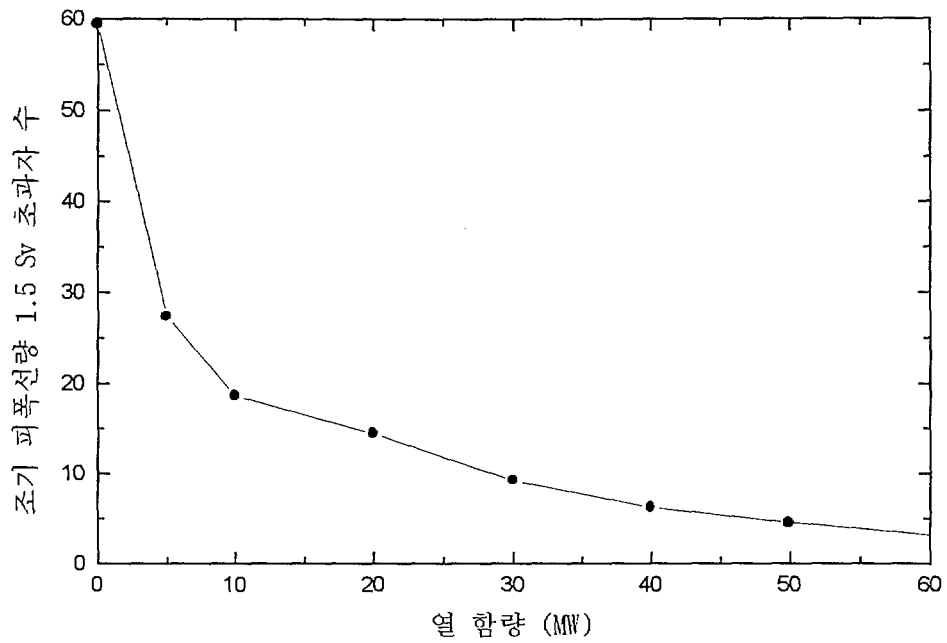


그림 4.19 열 함량 변화에 따른 조기 피폭선량 1.5 Sv를 초과자 수의 변화

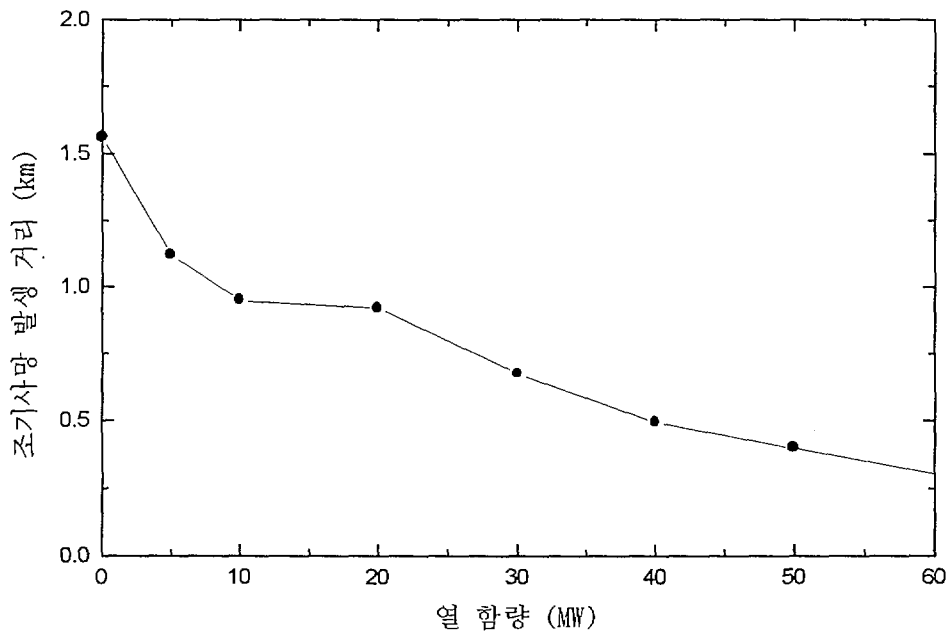


그림 4.20 열 함량 변화에 따른 조기 사망 발생 거리의 변화

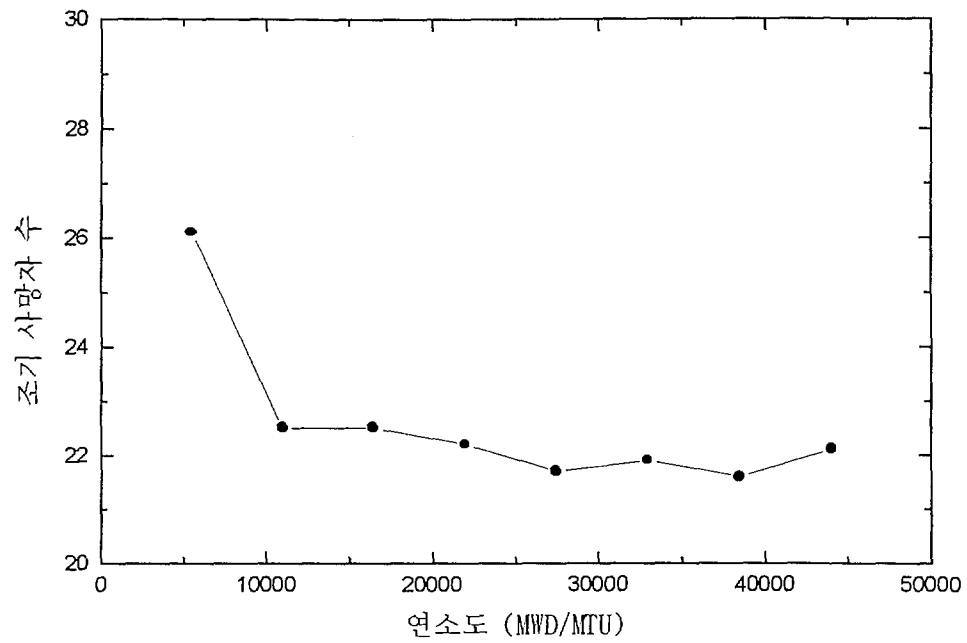


그림 4.21 연소도 변화에 따른 조기 사망자 수의 변화

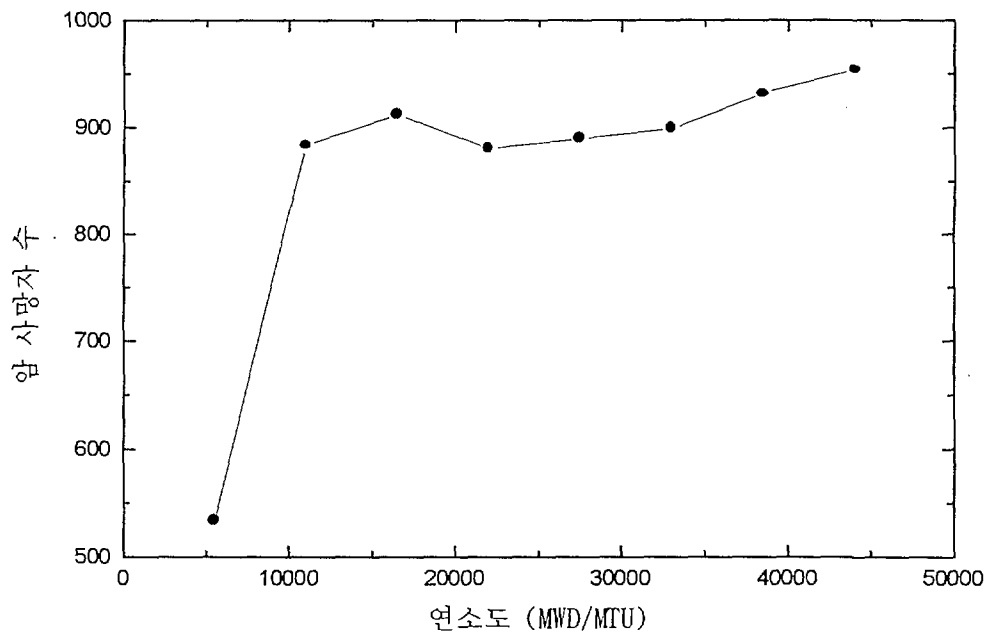


그림 4.22 연소도 변화에 따른 암 사망자 수의 변화

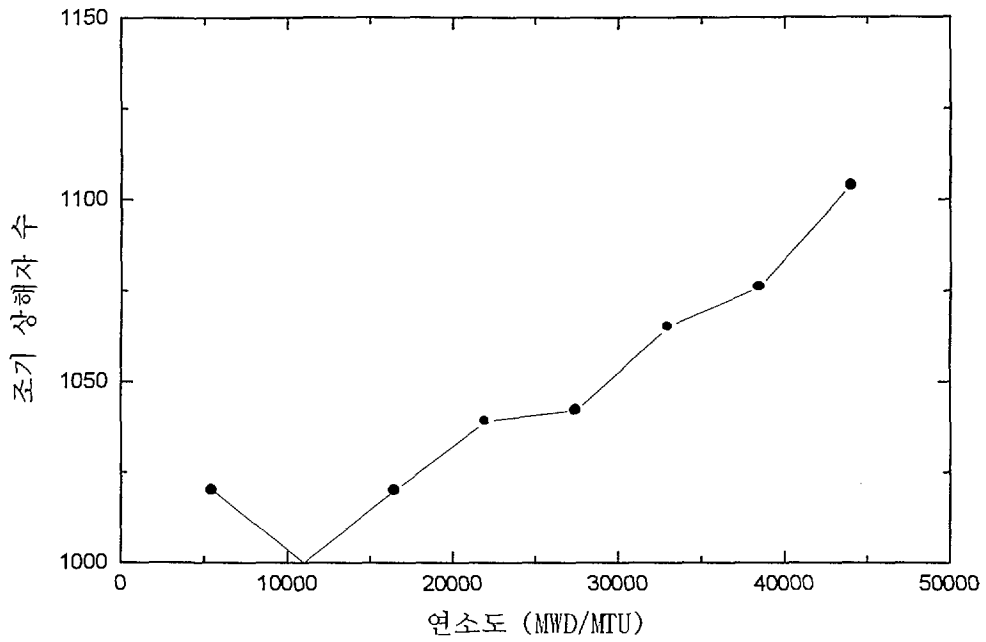


그림 4.23 연소도 변화에 따른 조기 상해자 수의 변화

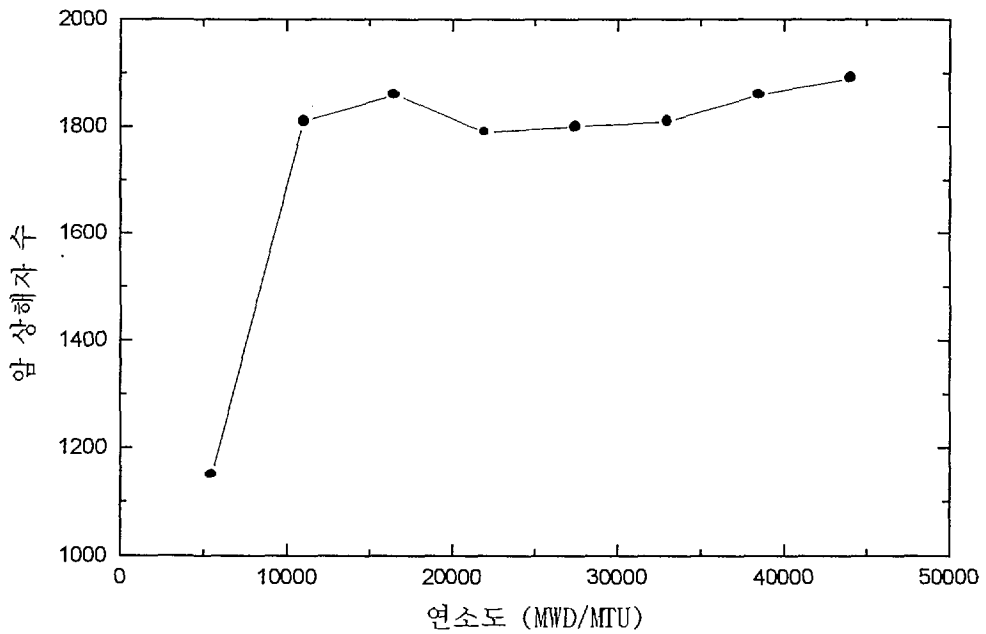


그림 4.24 연소도 변화에 따른 암 상해자 수의 변화

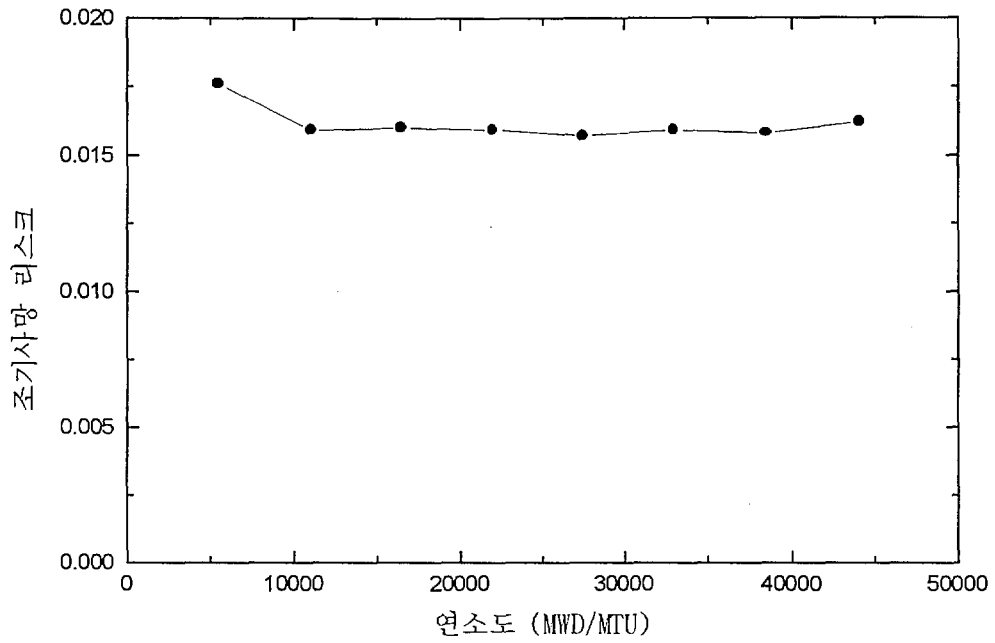


그림 4.25 연소도 변화에 따른 조기 사망 리스크의 변화

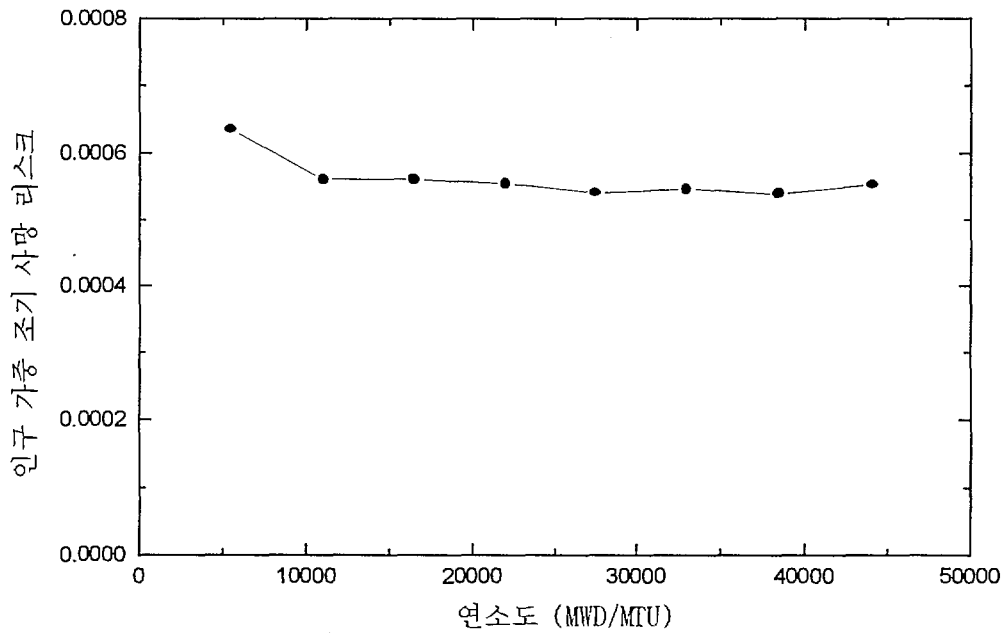


그림 4.26 연소도 변화에 따른 인구 가중 조기 사망 리스크의 변화

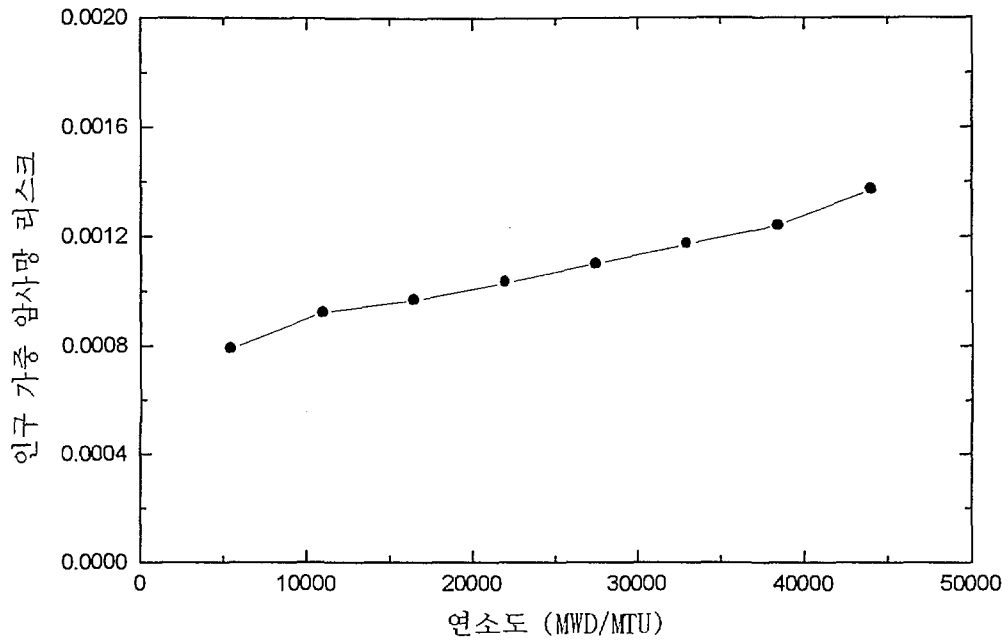


그림 4.27 연소도 변화에 따른 인구 가중 암사망 리스크 변화

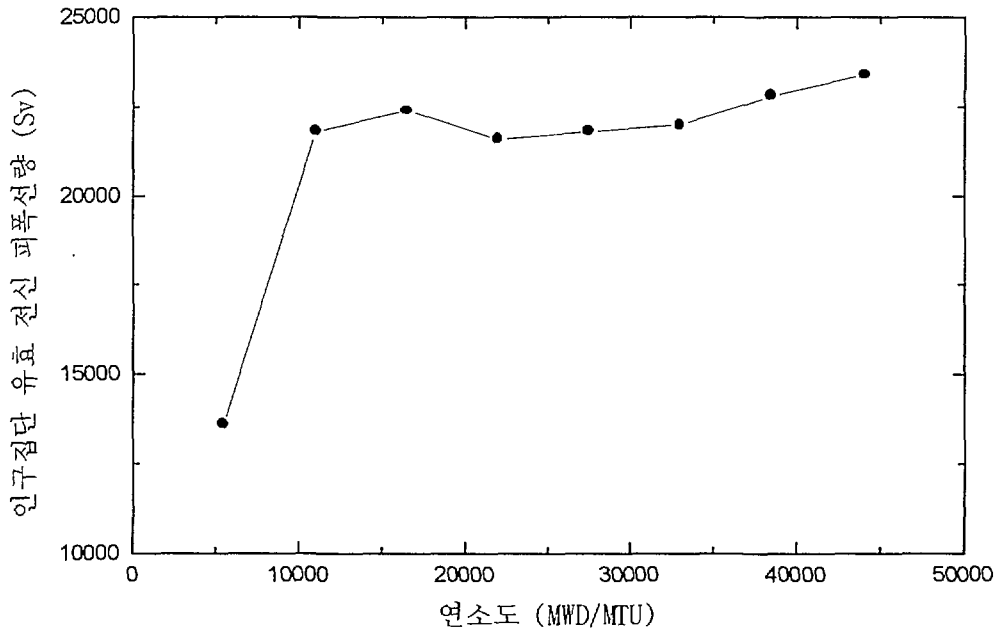


그림 4.28 연소도 변화에 따른 인구집단 유효 전선 피폭선량의 변화

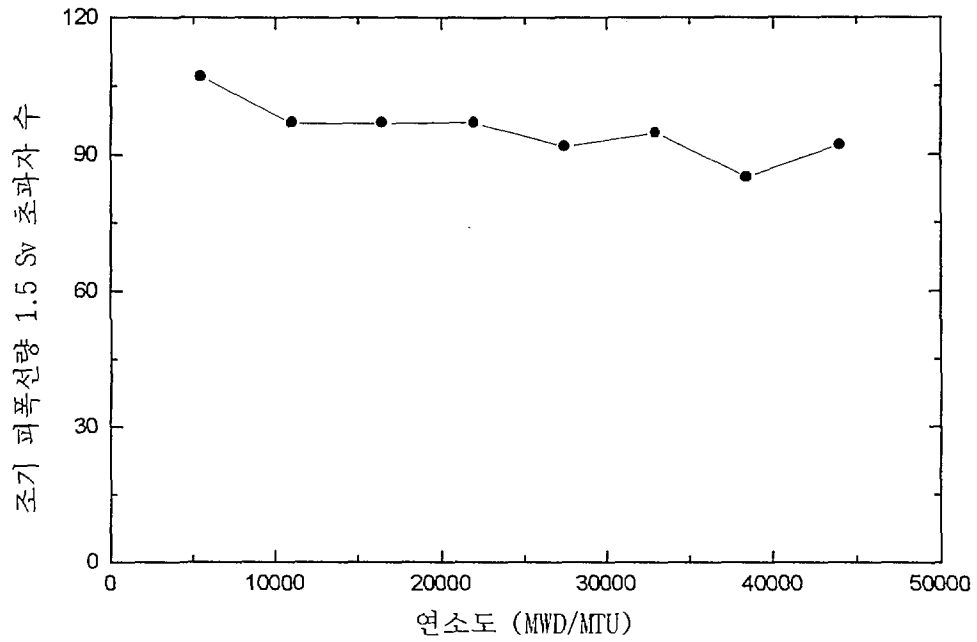


그림 4.29 연소도 변화에 따른 조기 피폭선량 1.5 Sv를 초과자 수의 변화

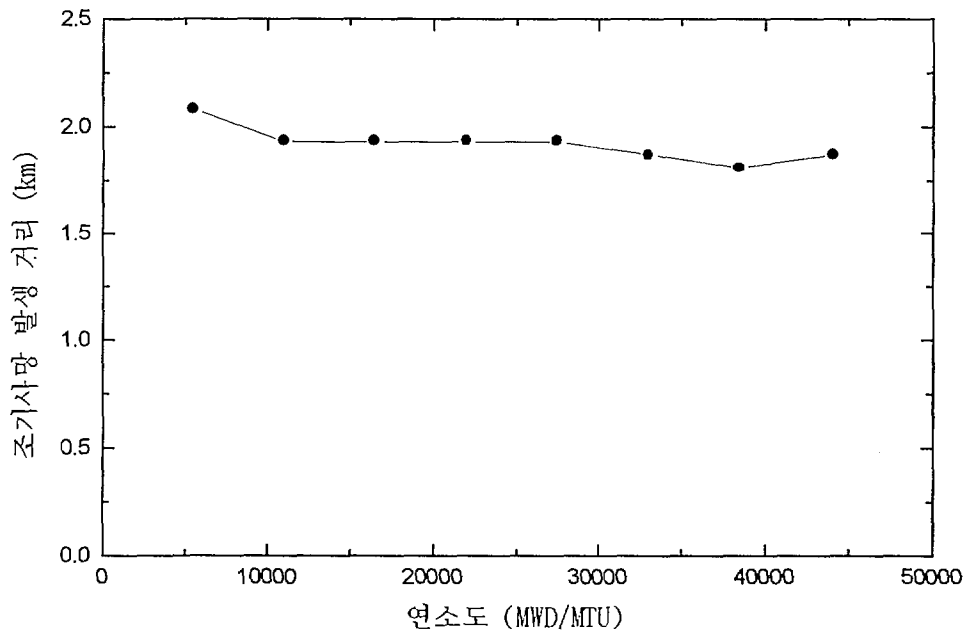


그림 4.30 연소도 변화에 따른 조기 사망 발생 거리의 변화

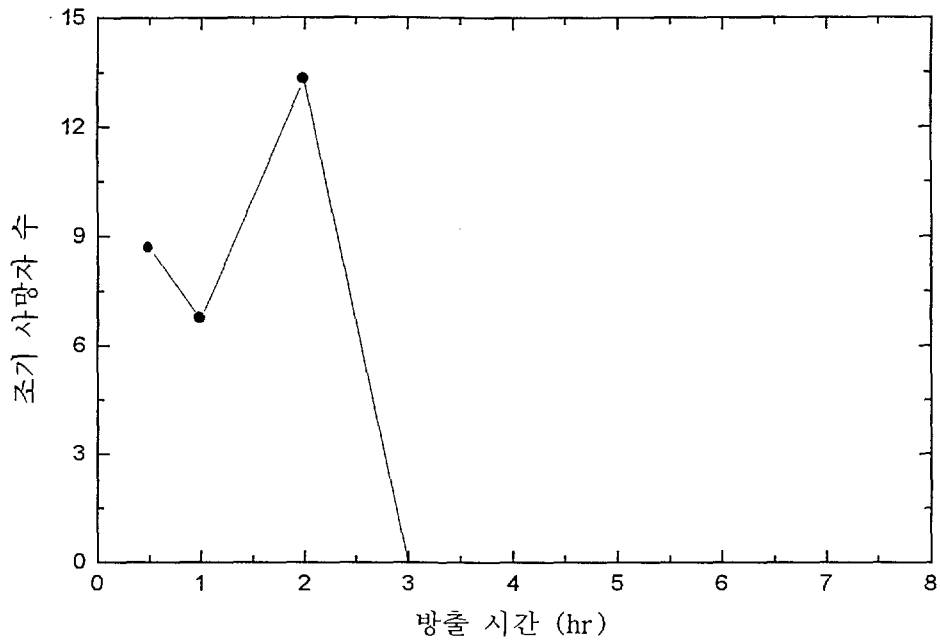


그림 4.31 방출 시간 변화에 따른 조기 사망자 수의 변화

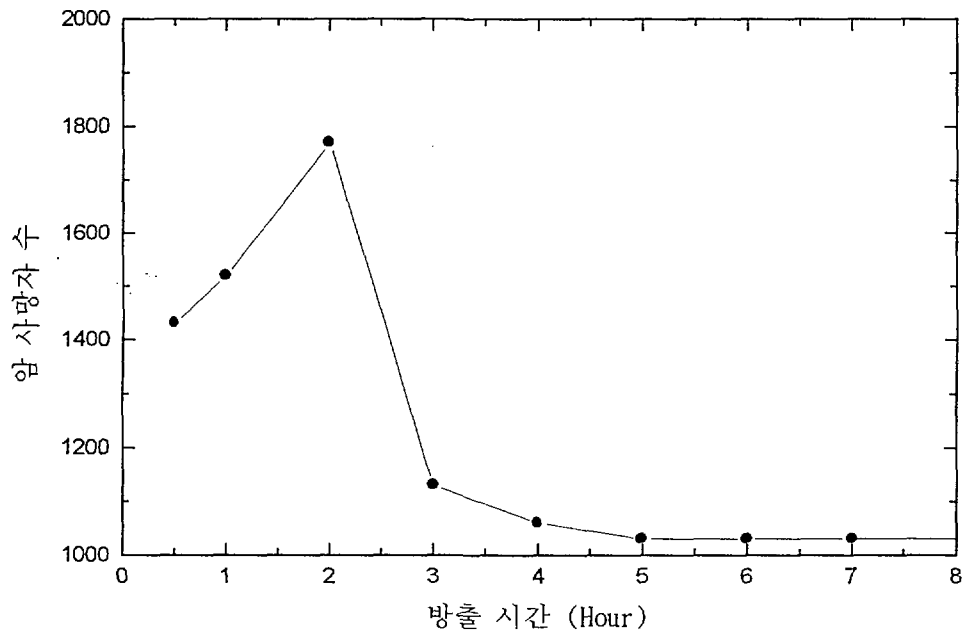


그림 4.32 방출 시간 변화에 따른 암 사망자 수의 변화

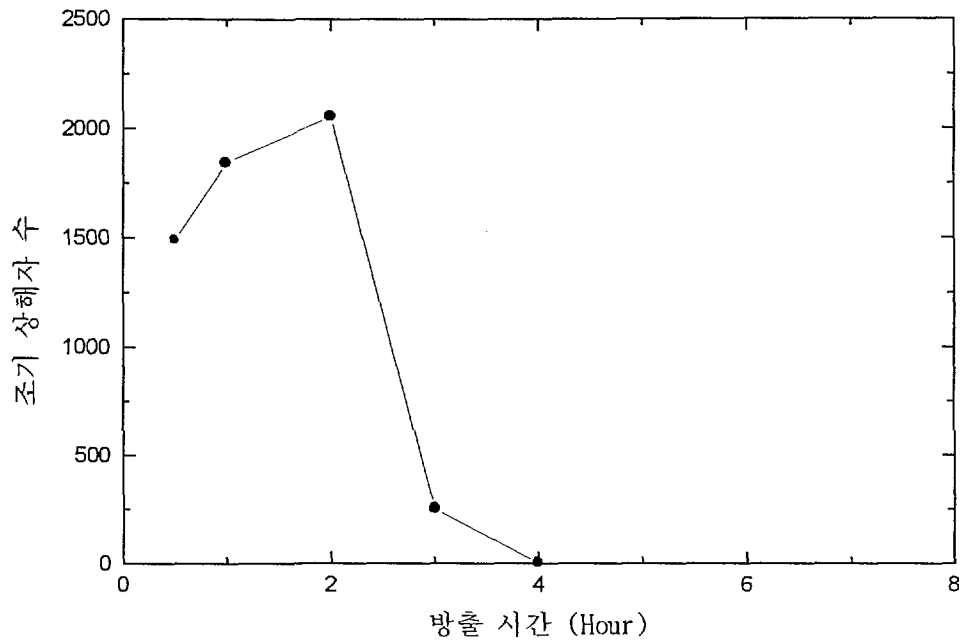


그림 4.33 방출 시간 변화에 따른 조기 상해자 수의 변화

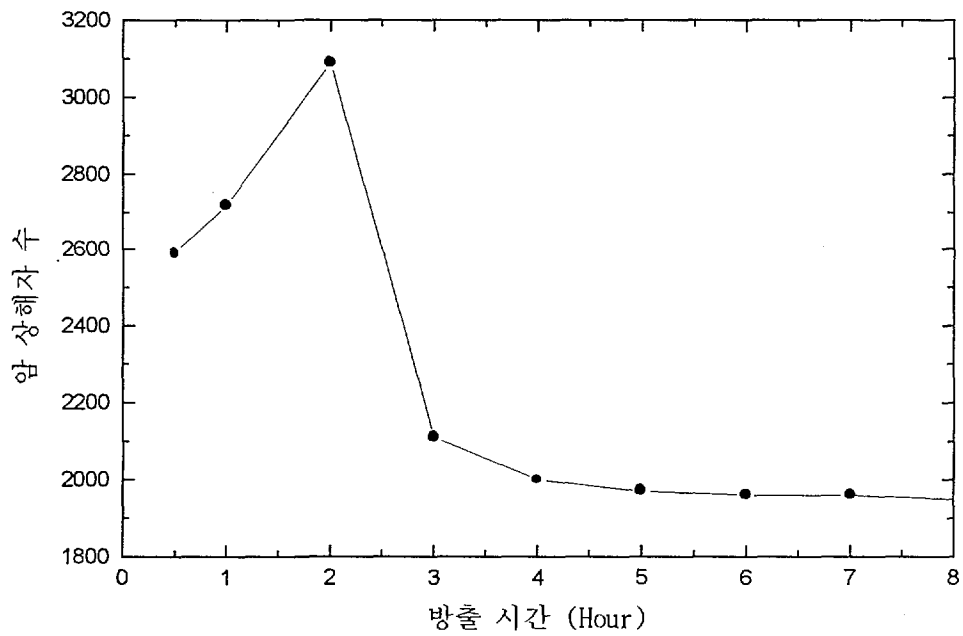


그림 4.34 방출 시간 변화에 따른 암 상해자 수의 변화

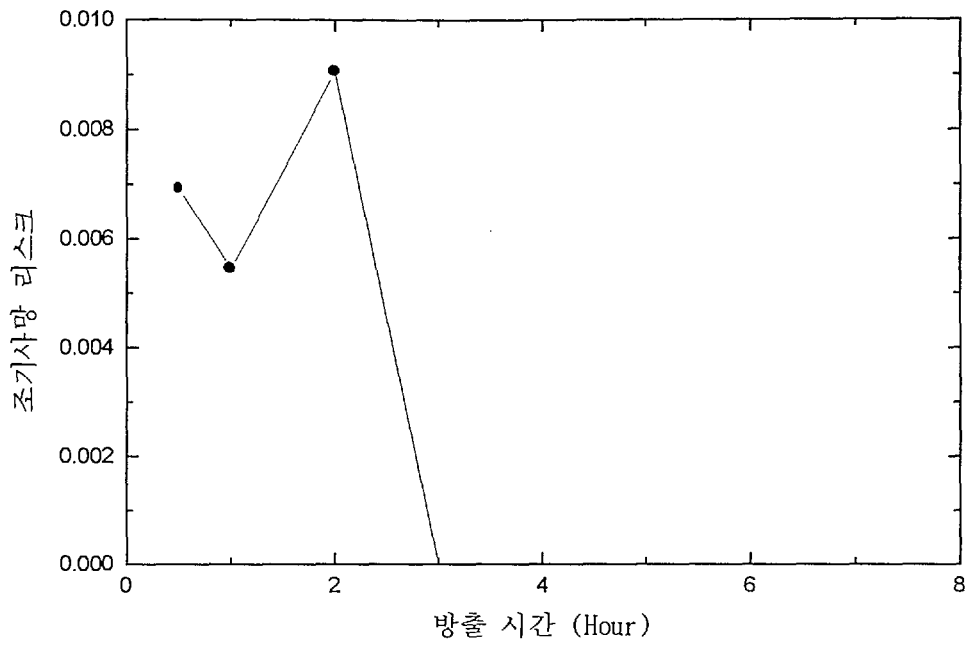


그림 4.35 방출 시간 변화에 따른 조기 사망 리스크의 변화

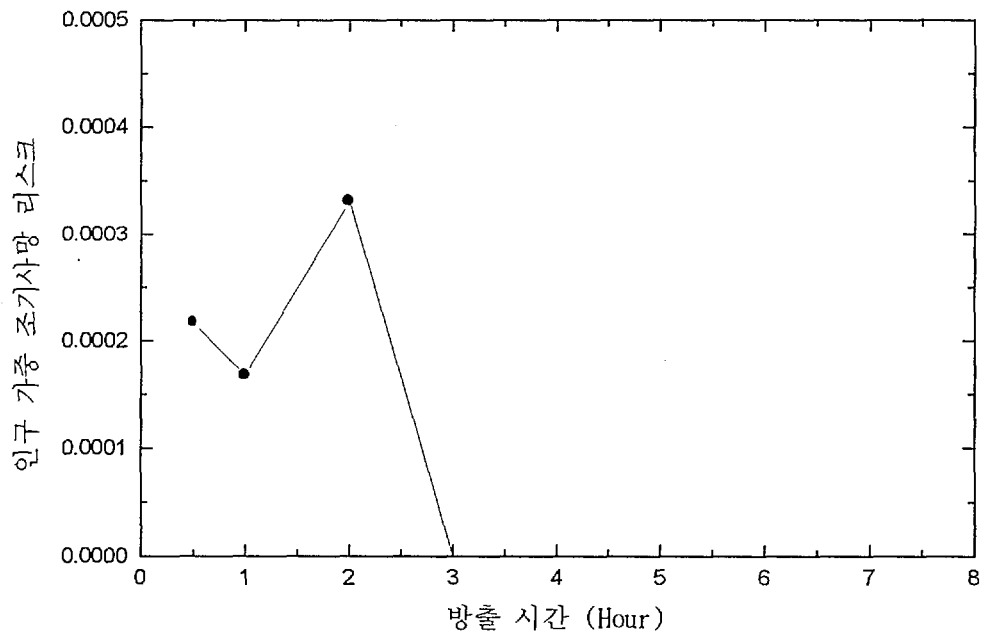


그림 4.36 방출 시간 변화에 따른 인구 가중 조기 사망 리스크의 변화

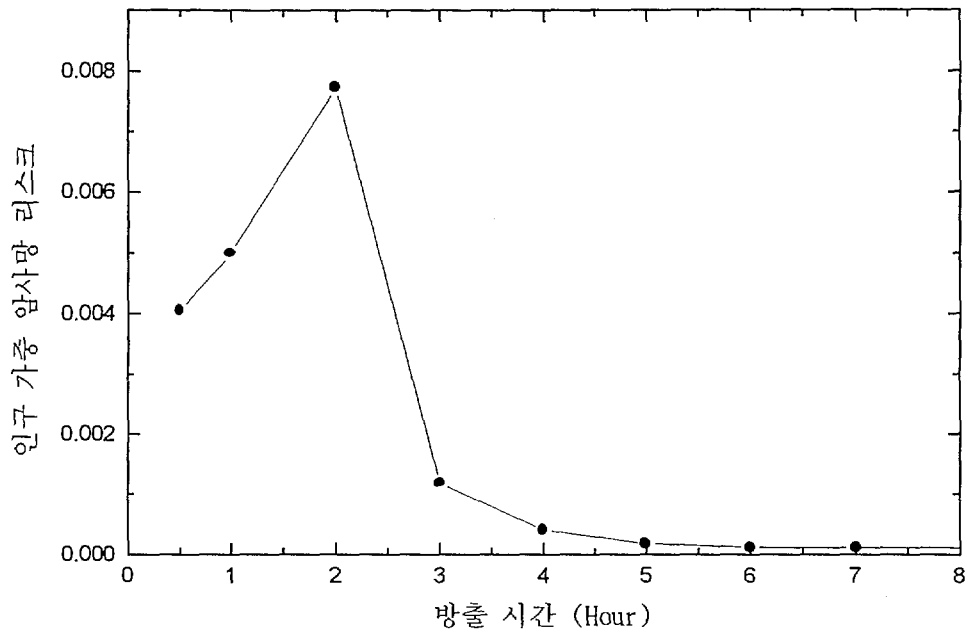


그림 4.37 방출 시간 변화에 따른 인구 가중 암사망 리스크 변화

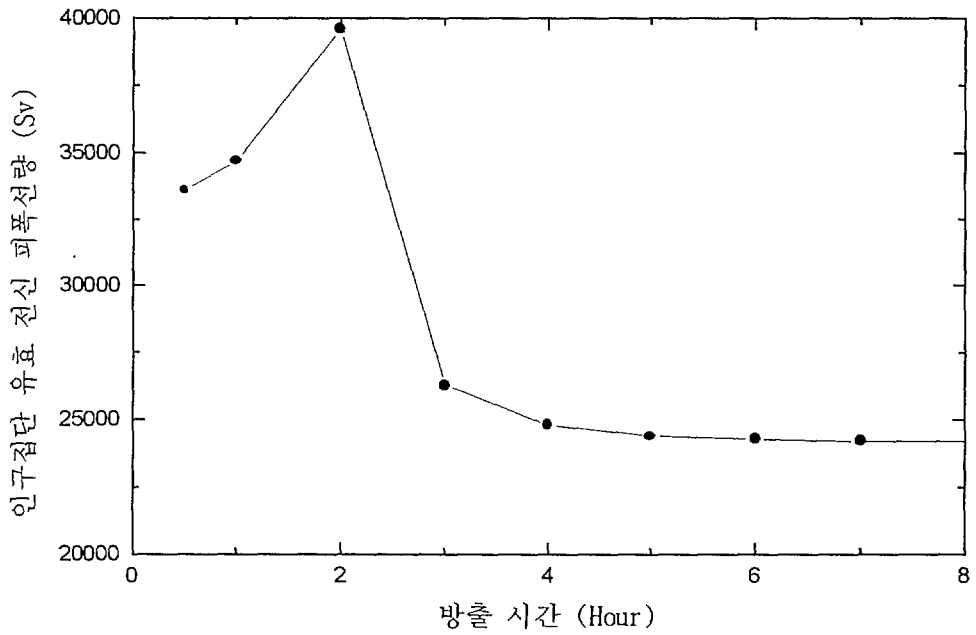


그림 4.38 방출 시간 변화에 따른 인구집단 유효 전선 피폭선량의 변화

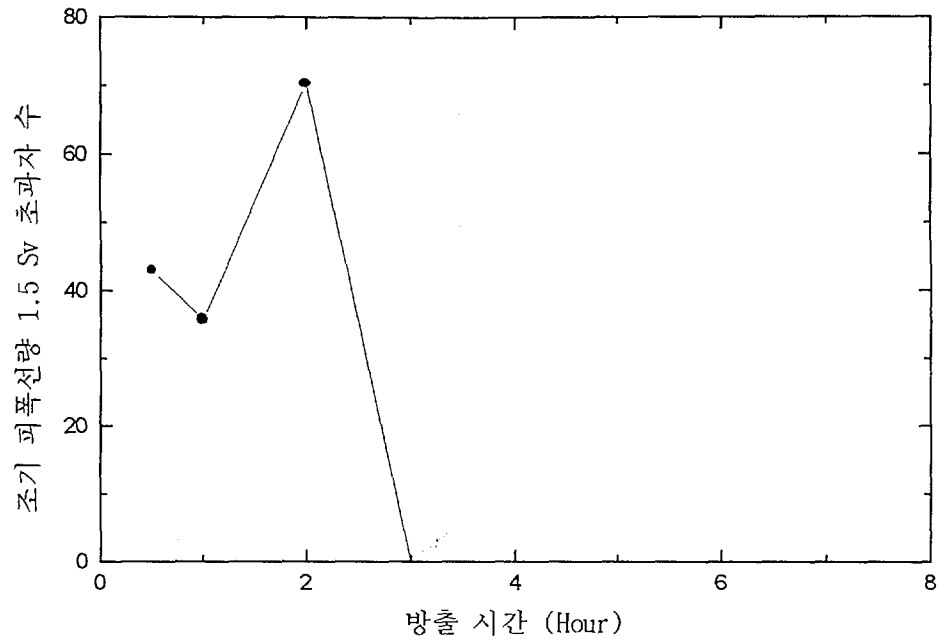


그림 4.39 방출 시간 변화에 따른 조기 피폭선량 1.5 Sv를 초과자 수의 변화

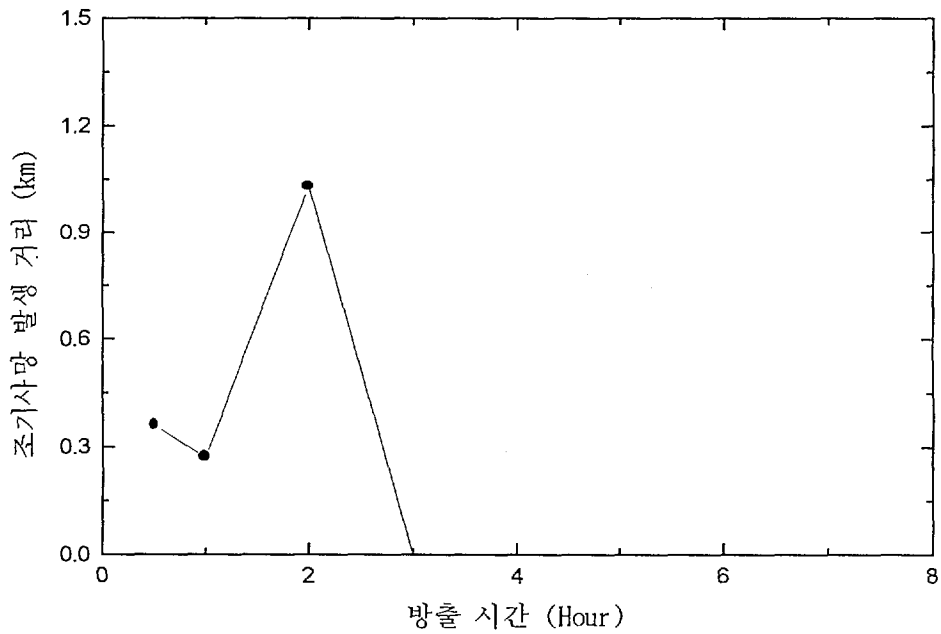


그림 4.40 방출 시간 변화에 따른 조기 사망 발생 거리의 변화

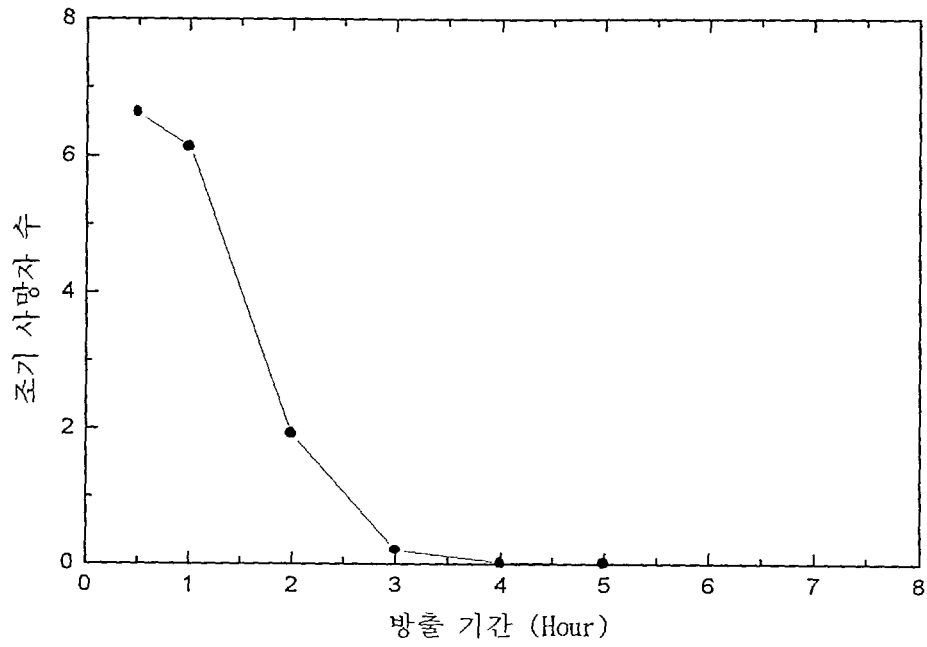


그림 4.41 방출 기간 변화에 따른 조기 사망자 수의 변화

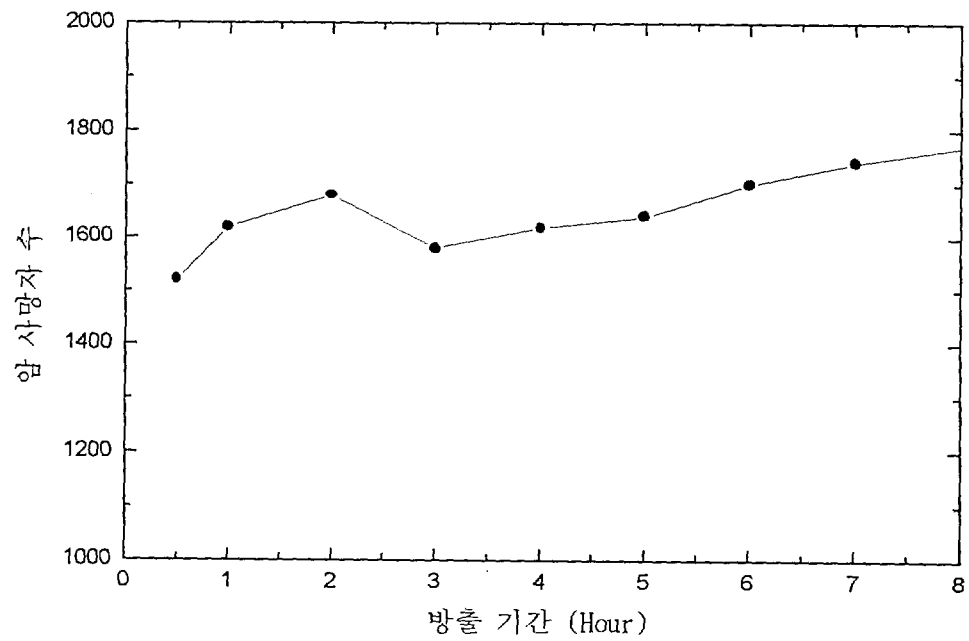


그림 4.42 방출 기간 변화에 따른 암 사망자 수의 변화

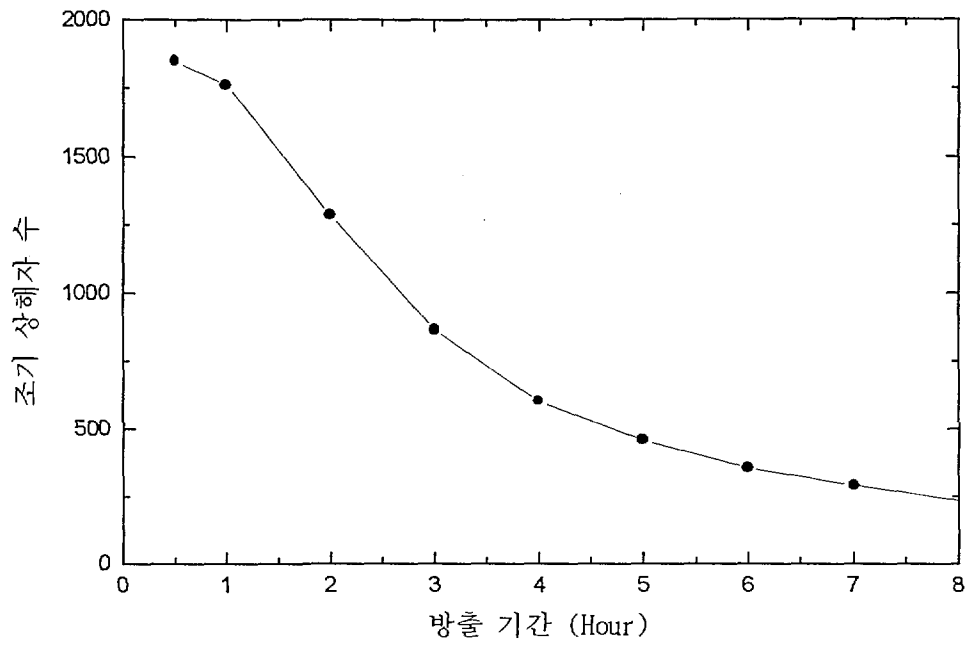


그림 4.43 방출 기간 변화에 따른 조기 상해자 수의 변화

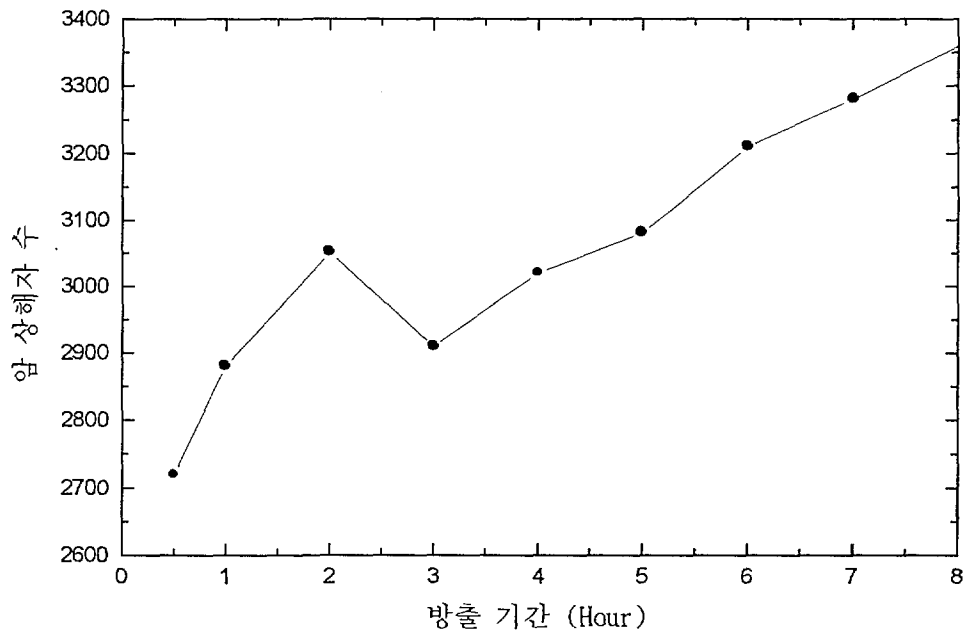


그림 4.44 방출 기간 변화에 따른 암 상해자 수의 변화

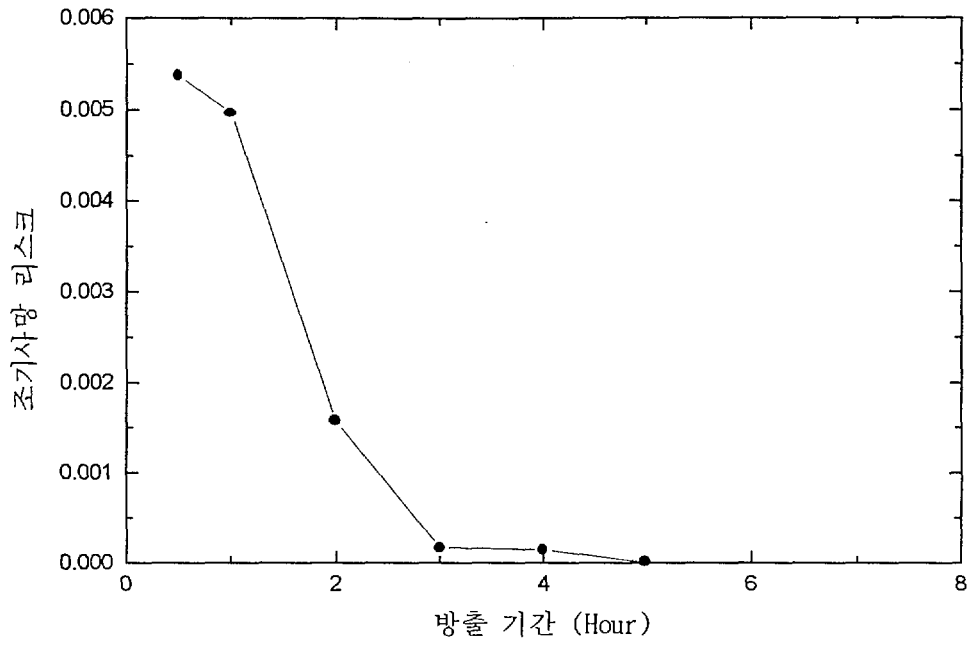


그림 4.45 방출 기간 변화에 따른 조기 사망 리스크의 변화

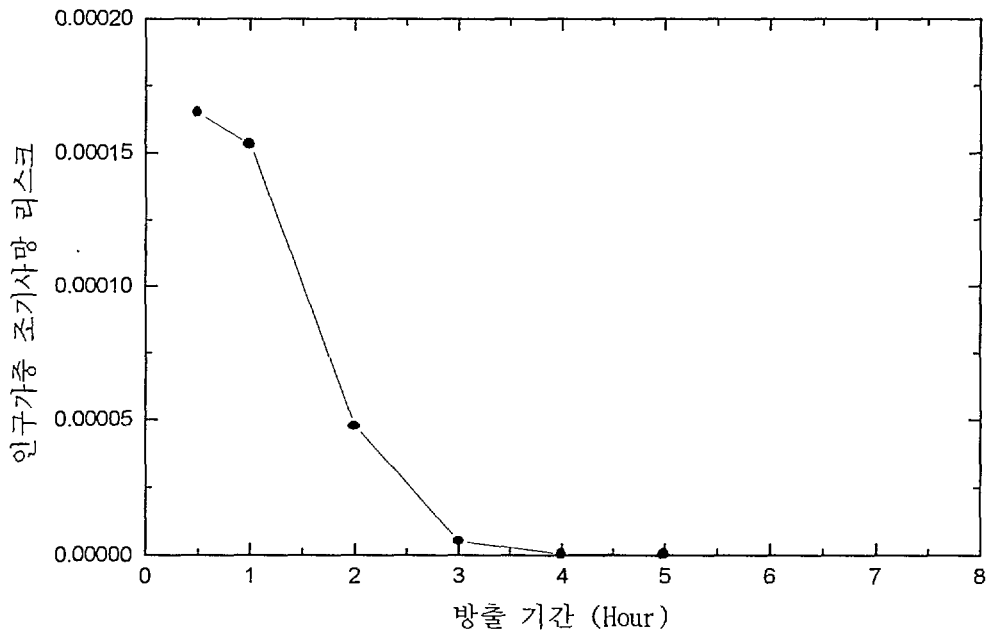


그림 4.46 방출 기간 변화에 따른 인구 가중 조기 사망 리스크의 변화

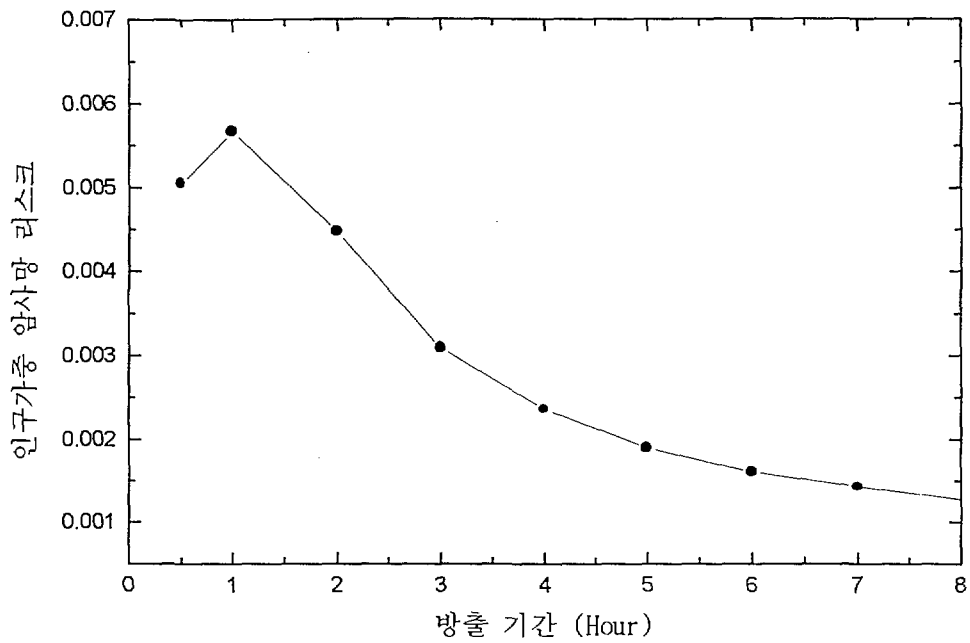


그림 4.47 방출 기간 변화에 따른 인구 가중 암사망 리스크 변화

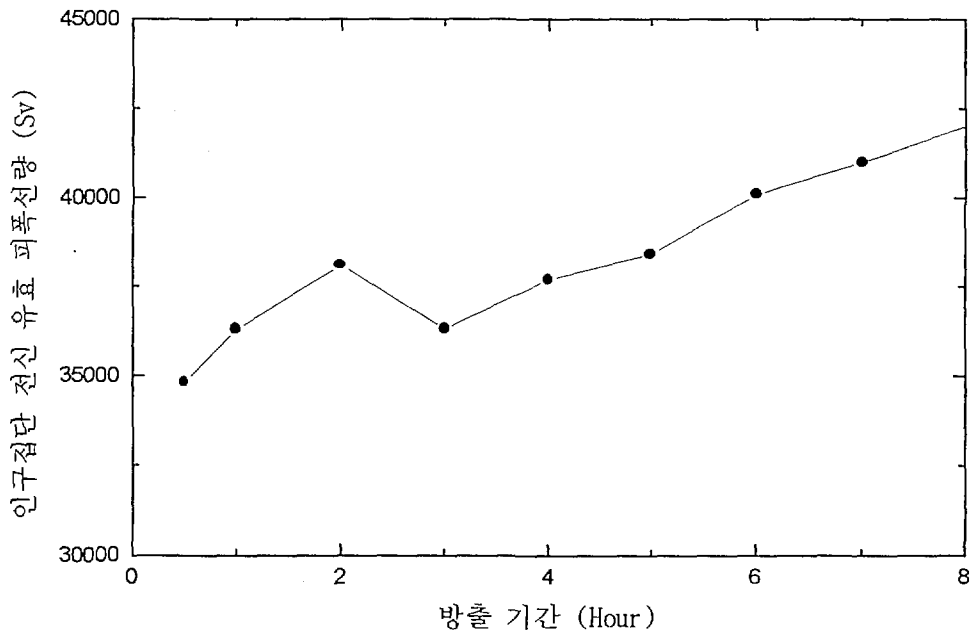


그림 4.48 방출 기간 변화에 따른 인구집단 유효 전신 피폭선량의 변화

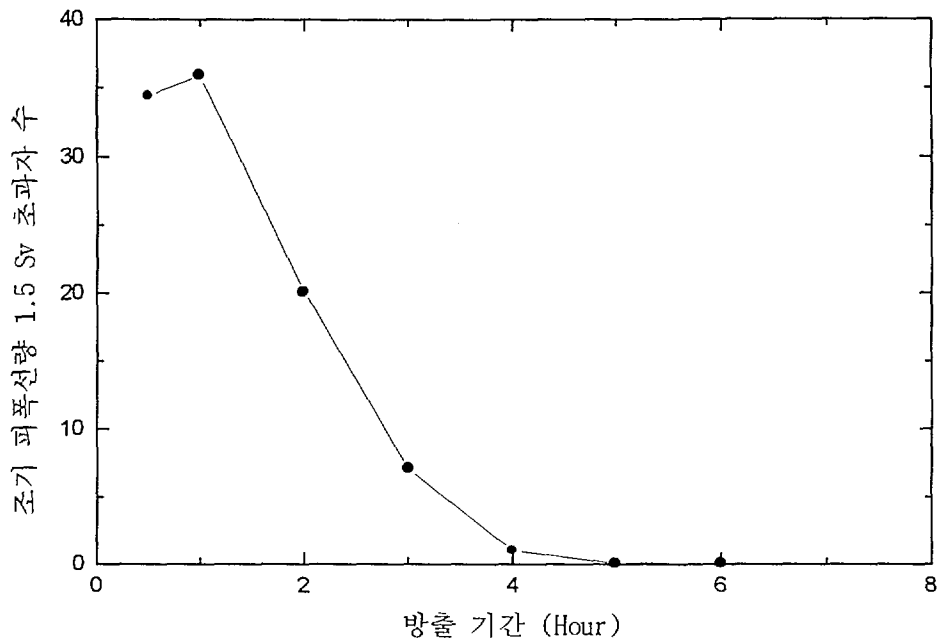


그림 4.49 방출 시간 변화에 따른 초기 피폭선량 1.5 Sv를 초과자 수의 변화

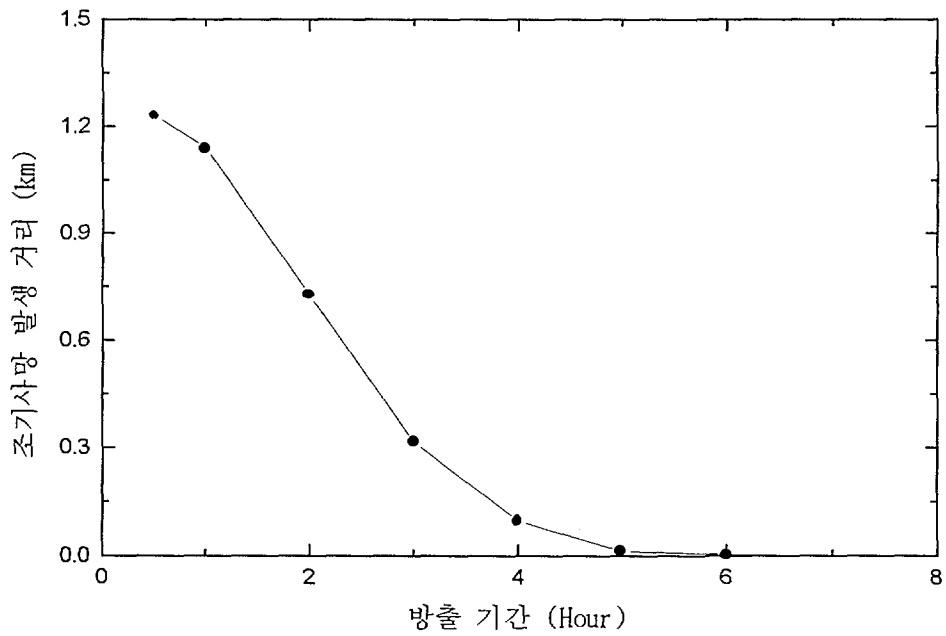


그림 4.50 방출 시간 변화에 따른 초기 사망 발생 거리의 변화

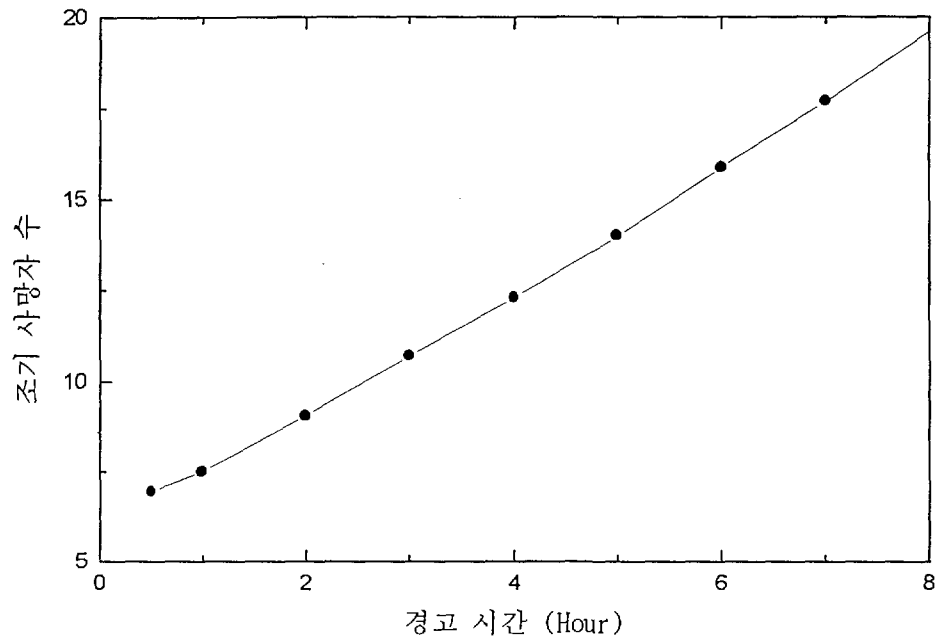


그림 4.51 경고 시간 변화에 따른 조기 사망자 수의 변화

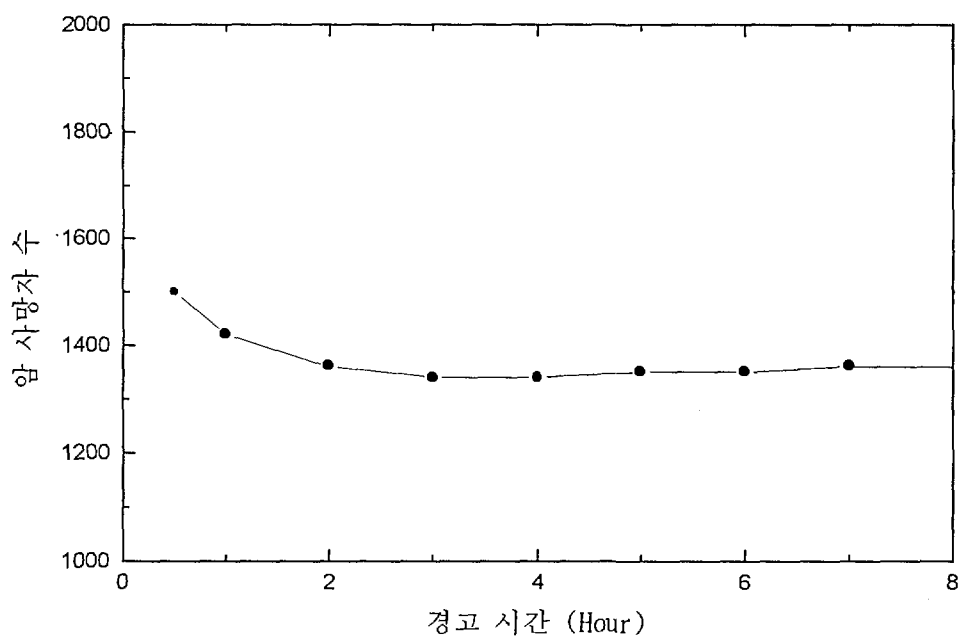


그림 4.52 경고 시간 변화에 따른 암 사망자 수의 변화

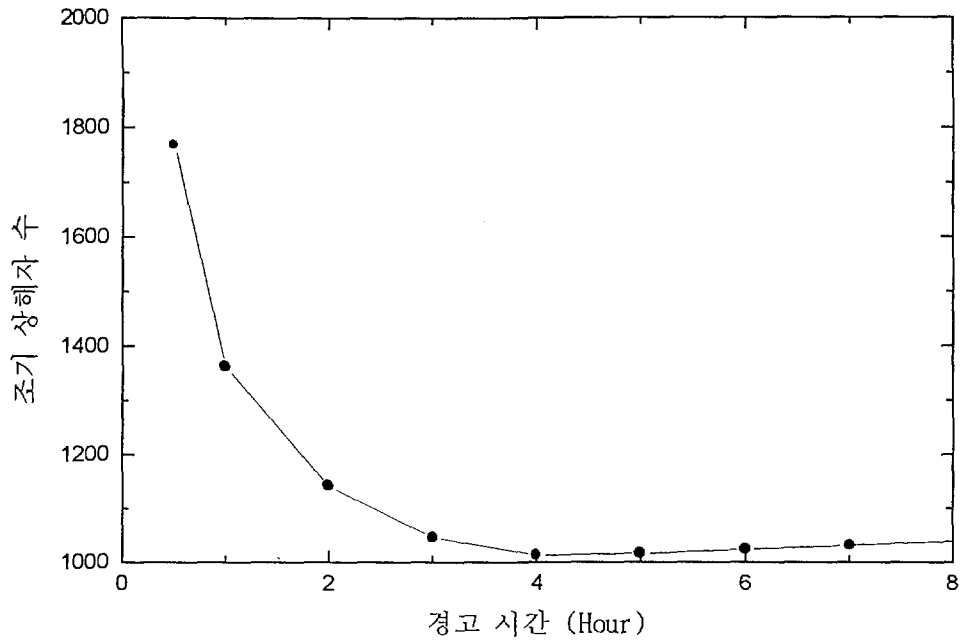


그림 4.53 경고 시간 변화에 따른 조기 상해자 수의 변화

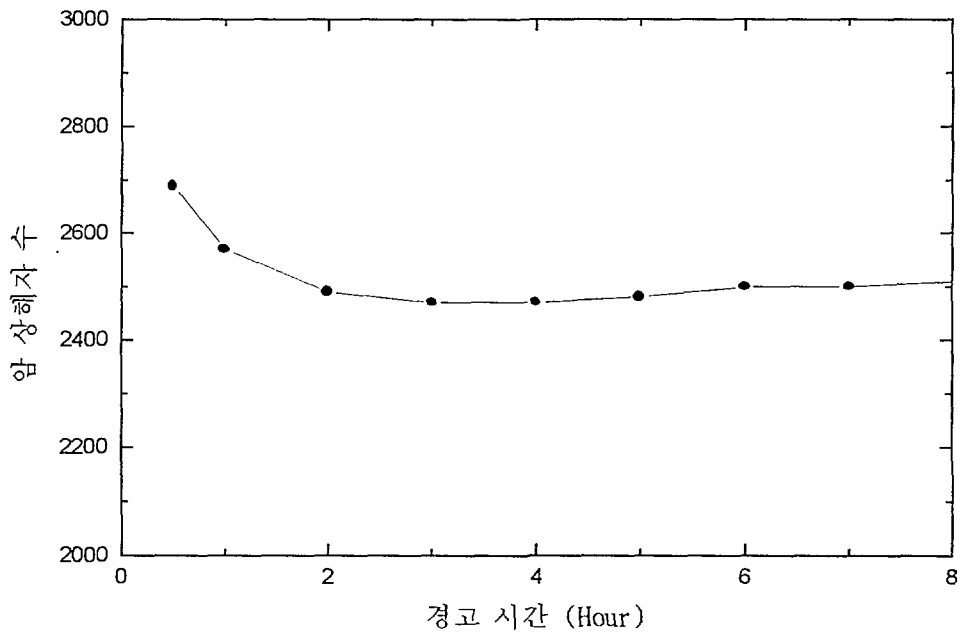


그림 4.54 경고 시간 변화에 따른 암 상해자 수의 변화

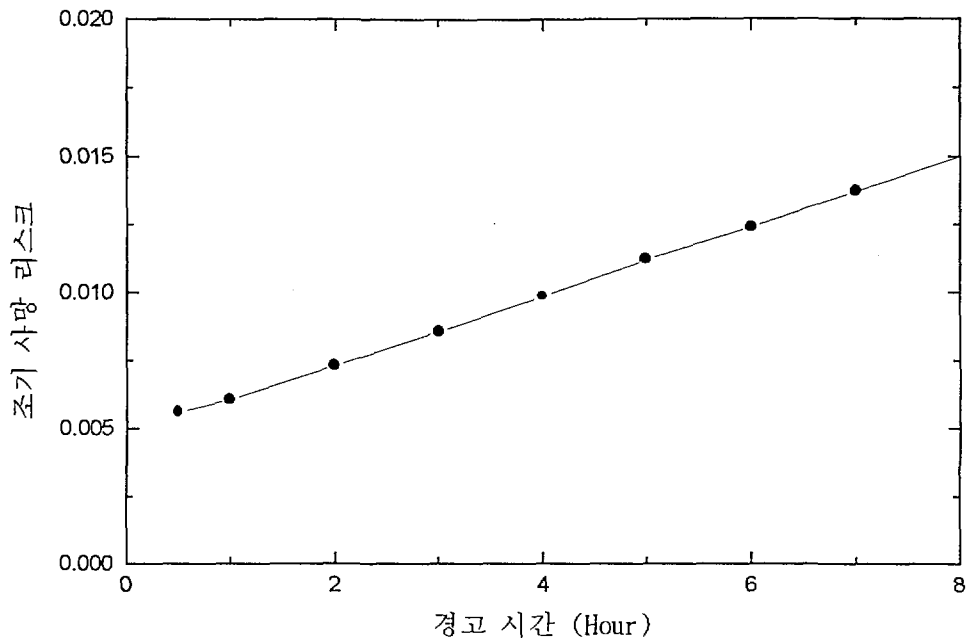


그림 4.55 경고 시간 변화에 따른 조기 사망 리스크의 변화

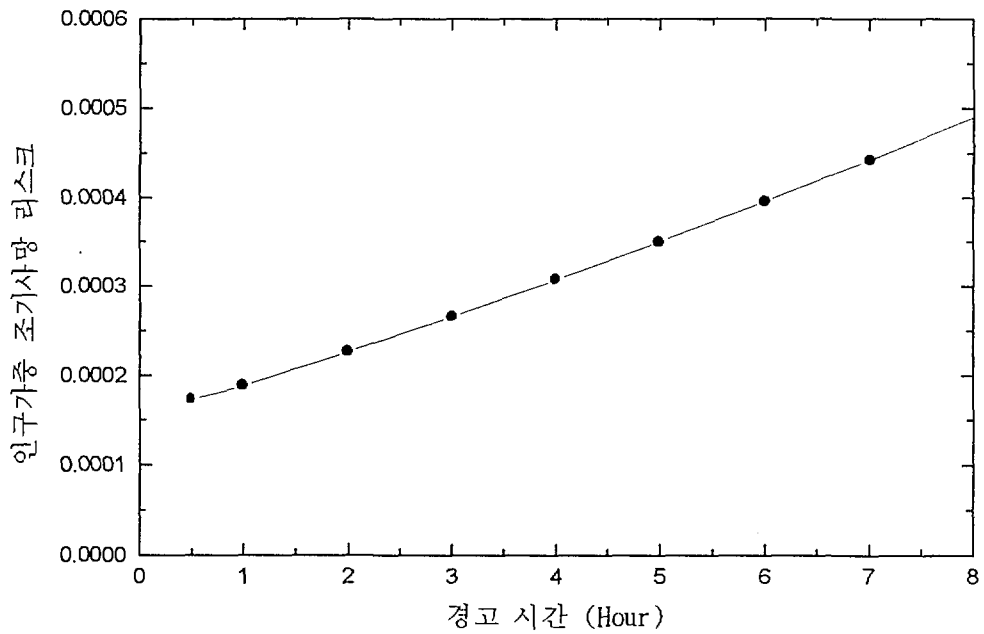


그림 4.56 경고 시간 변화에 따른 인구 가중 조기 사망 리스크의 변화

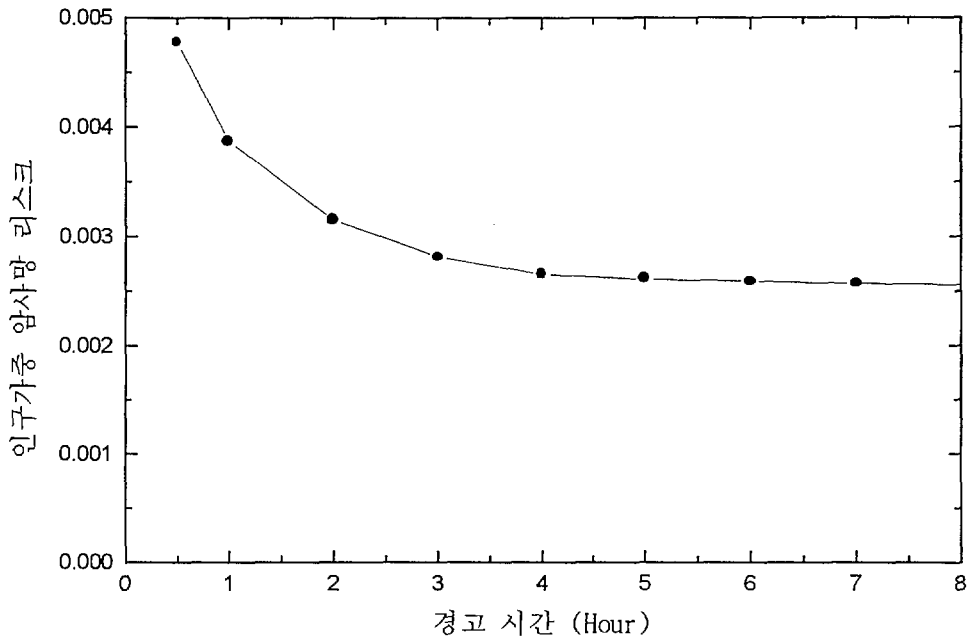


그림 4.57 경고 시간 변화에 따른 인구 가중 암사망 리스크 변화

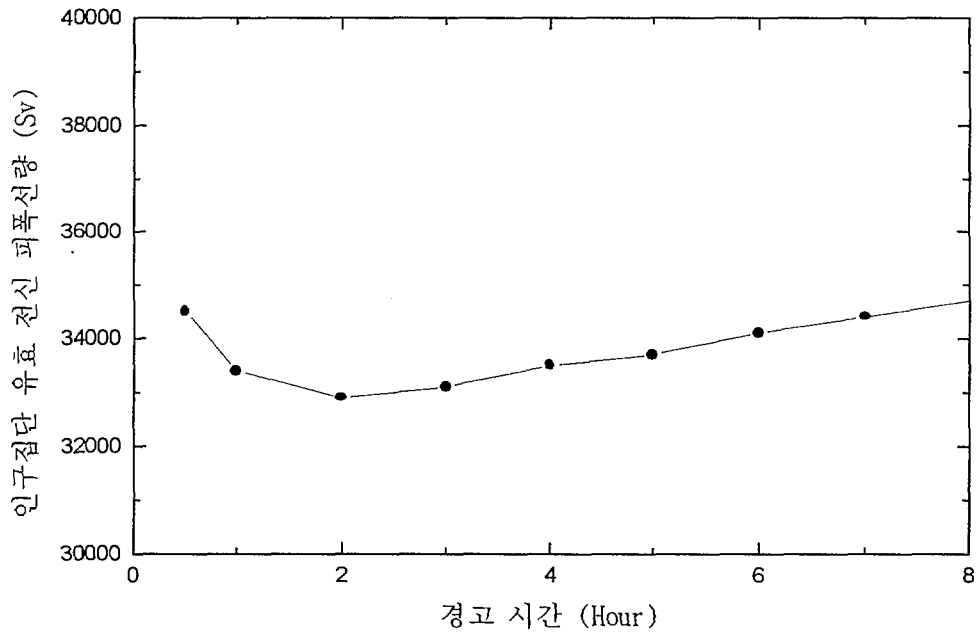


그림 4.58 경고 시간 변화에 따른 인구집단 유효 전선 피폭선량의 변화

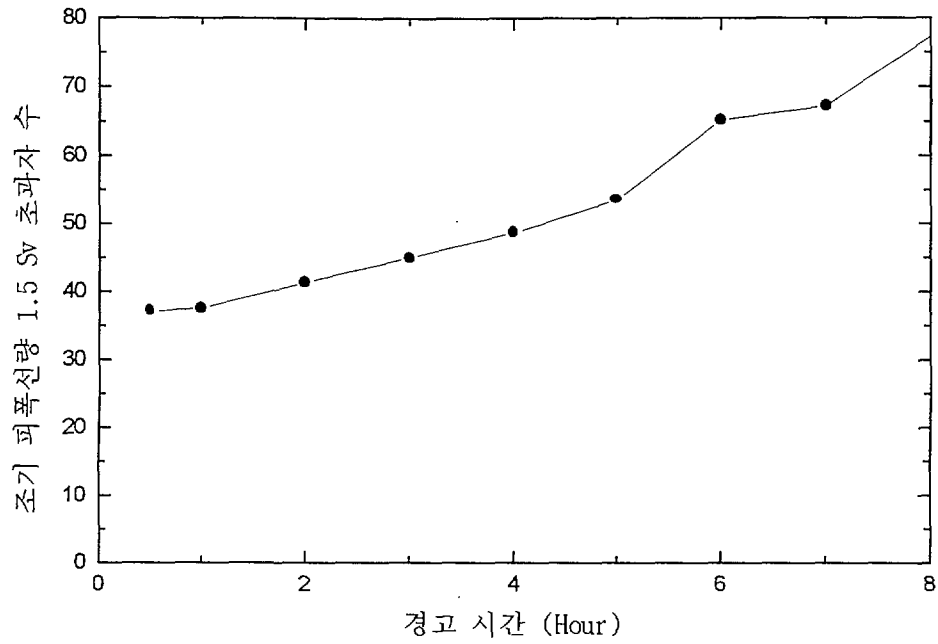


그림 4.59 경고 시간 변화에 따른 조기 피폭선량 1.5 Sv를 초과자 수의 변화

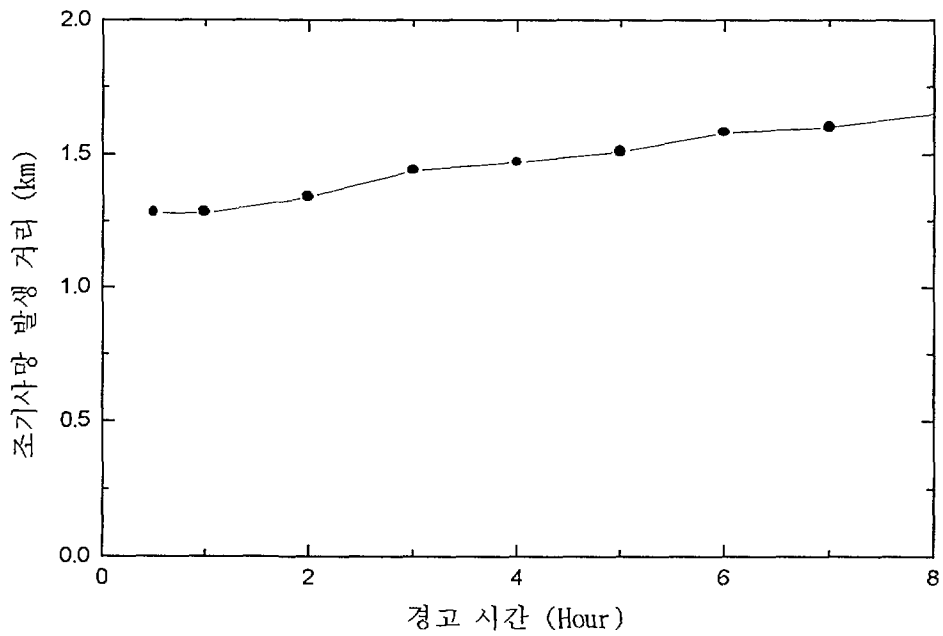


그림 4.60 경고 시간 변화에 따른 조기 사망 발생 거리의 변화

제 5 장 결론

원자력 발전소의 중대사고시 환경으로 방출되는 방사성 물질의 방출 특성이 건강영향에 미치는 영향을 평가하였는데 이는 관련 변수들의 상대적 중요도를 파악하는데 유용할 뿐만 아니라 소외 리스크를 최소화시키기 위한 대책 개발에 있어서 중요한 인자가 될 수 있다. 건강영향에 미치는 영향 평가를 위한 방사선원 방출 변수들로는 방출 고도, 열 함량, 연소도에 따른 노심 재고량, 방출 시간, 방출 기간, 경고 시간 등 6가지 변수를 선정하였다. 이들 변수들의 변화에 따른 건강영향 인자로는 조기 사망자 수, 암 사망자 수, 조기 상해자 수, 인구가중 조기 사망 리스크, 인구가중 암 사망 리스크, 암 상해자 수, 전 생애 동안의 인구 집단 유효 전선 피폭선량, 조기 사망 리스크, 조기 피폭선량 1.5 Sv를 초과하는 인구 수, 조기 사망 발생이 예상되는 부지로부터의 거리 등이다. 영광 3,4호기를 대상 발전소로 하여 MACCS 코드를 건강영향 평가 도구로 활용하였으며 주요 결과는 다음과 같다.

1. 방출 고도의 변화는 후기 건강영향 즉, 암 사망, 암 상해, 인구가중 암 사망 리스크에 미치는 영향이 거의 없으나, 조기 건강영향 즉, 조기 사망, 조기 상해, 조기 사망 리스크, 조기 사망 발생 거리 등은 방출 고도가 증가할수록 그 값이 감소하며 조기 상해자 수는 다른 조기 건강영향 인자들과는 달리 방출 고도가 증가할수록 그 값이 약간 감소하지만 다른 인자들이 받는 영향보다는 그 정도가 매우 낮다.
2. 열 함량의 값이 증가함에 따라 조기 건강영향 및 후기 건강영향 모두 그 값이 감소한다. 특히 열 함량의 증가에 따른 건강영향 인자 값들의 감소도는 대부분의 경우 완만하지만 조기 사망자 수, 조기 사망 리스크, 조기 피폭선량 1.5Sv 초과자 수는 열 함량이 0 MW에서 20MW까지 증가할 경우 건강영향 인자

값들의 감소 폭이 매우 크게 나타남을 알 수 있다.

3. 연소도의 증가 즉, 노심 재고량이 증가할수록 후기 건강영향 인자인 암 사망, 암 상해, 암 사망 리스크는 그 값들이 증가하는 반면 조기 사망, 조기 피폭선량 1.5Sv 초과자 수, 조기 사망 발생 거리 등의 연소도 변화에 따른 값의 변화가 거의 없다. 다만, 조기 상해자 수는 연소도 증가에 따라 그 값이 증가함을 보여준다.
4. 방출 시간의 변화에 따른 모든 건강영향의 변화는 거의 유사한 경향을 보여준다. 조기 건강영향의 경우 방출 시간 1시간의 경우 30분에 비해 감소하다가 2시간이 되면 최대값을 가지며 이후의 방출 시간에 대해서는 급격히 감소함을 보여준다. 후기 건강영향의 경우에는 방출 시간 2시간까지는 증가하다가 조기 건강영향의 경우와 마찬가지로 이후의 방출 시간에 대해서는 급격히 감소한다.
5. 방출 기간 변화에 따른 건강영향 인자의 변화 결과에 의하면 암 사망자 수, 암 상해자 수, 인구집단 유효 전신 피폭선량의 경우에는 약간의 증가를 보여주지만 나머지 건강영향 인자들의 값은 방출지속 시간이 증가하면서 감소하는 경향을 보여준다.
6. 경고 시간의 변화에 따른 건강영향 인자의 변화 결과에 의하면 경고 시간이 증가하면 암 사망이나 암 상해와 같은 후기 건강영향은 경고 시간 2시간 정도까지는 감소하다가 그 이후의 시간에 대해서는 거의 변화가 없음을 보여준다. 조기 건강영향의 경우, 조기 상해자 수는 경고 시간 2시간까지 급격히 감소하다가 이후의 시간에서는 거의 변화가 없으며 조기 사망자 수와 조기사망 리스크는 경고 시간이 증가할수록 오히려 증가함을 보여준다.

참고문헌

1. D. I. Chanin, J. L. Sprung, L. T. Ritchie, and H. N. Jow, "MELCOR Accident Consequence Code System (MACCS)," NUREG/CR-4691, SAND86-1562, Sandia National Laboratories, February, 1990.
2. USNRC (U.S. Nuclear Regulatory Commission), "Reactor Safety Study: An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants," WASH-1400 (NUREG-75/014), Washington, D.C., 1975.
3. D. C. Aldrich and J. I. Sprung, "Technical Guidance for Siting Criteria Development," NUREG/CR-2239 (SAND81-1549), Sandia National Laboratories, 1982.
4. M. Silberberg, et al., "Reassessment of the Technical Bases for Estimating Source Terms," NUREG-0956, 1985.
5. L. T. Ritchie, et al., "Calculations of Reactor Accident Consequences Version 2, CRAC2: Computer Code," NUREG/CR-2326, 1983.
6. A. G. Croff, "A User's Manual for the ORIGEN2 Computer Code," ORNL/TM-7175, Oak Ridge National Laboratory, 1980.
7. 한국전력(주), "YGN 3&4 Final Safety Analysis Report."
8. KEPCO, "원자력발전소 안전성 점검 연구(격납건물 성능해석 분야)," 제 1권, 1994.
9. USNRC, "Severe Accidents Risks: An Assessment of Five Nuclear Power Plants," U. S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1150, June 1989.
10. Jongtae Jeong and Donghan Yu, "Radiological Consequence Analyses under Severe Accidents for the YGN 3&4 Nuclear Power Plants," ICONE-5, May 26-30, Nice France, 1997.
11. Daniel J. Alpert, David I. Chanin, and Lynn T. Ritchie, "Relative Importance of Individual Elements to Reactor Accident Consequences Assuming Equal Release Fractions," NUREG/CR-4467, 1986.

부록 1. YGNATMOS.INP 파일

```

* GENERAL DESCRIPTIVE TITLE DESCRIBING THIS "ATMOS" INPUT
*
RIATNAM1001  'YGNATMOS.INP, YGN 3&4, ATMOS INPUT'
*****
* GEOMETRY DATA BLOCK, LOADED BY INPGeo, STORED IN /GEOM/
*
* NUMBER OF RADIAL SPATIAL ELEMENTS
*
GENUMRAD001  10
*
*   YGN3&4
*
GESPAEND001   1.6       3.2       4.8       6.4       8.0
GESPAEND002  16.0      32.0      48.0      64.0      80.0
*****
* NUCLIDE DATA BLOCK, LOADED BY INPISO, STORED IN /ISGRP/, /ISONAM/
*
* NUMBER OF NUCLIDES
*
ISNUMISO001  60
*
* NUMBER OF NUCLIDE GROUPS
*
ISMAXGRP001  9
*
* WET AND DRY DEPOSITION FLAGS FOR EACH NUCLIDE GROUP
*
*           WETDEP   DRYDEP
*
ISDEPFLA001  .FALSE.  .FALSE.
ISDEPFLA002  .TRUE.   .TRUE.
ISDEPFLA003  .TRUE.   .TRUE.
ISDEPFLA004  .TRUE.   .TRUE.
ISDEPFLA005  .TRUE.   .TRUE.
ISDEPFLA006  .TRUE.   .TRUE.
ISDEPFLA007  .TRUE.   .TRUE.
ISDEPFLA008  .TRUE.   .TRUE.
ISDEPFLA009  .TRUE.   .TRUE.
*
* NUCLIDE GROUP DATA FOR 9 NUCLIDE GROUPS
*
*           NUCNAM      PARENT    IGROUP      HAFLIF
*
ISOTPGRP001  CO-58      NONE      6           6.160E+06
ISOTPGRP002  CO-60      NONE      6           1.660E+08
ISOTPGRP003  KR-85      NONE      1           3.386E+08
ISOTPGRP004  KR-85M     NONE      1           1.613E+04
ISOTPGRP005  KR-87      NONE      1           4.560E+03
ISOTPGRP006  KR-88      NONE      1           1.008E+04
ISOTPGRP007  RB-86      NONE      3           1.611E+06
ISOTPGRP008  SR-89      NONE      5           4.493E+06
ISOTPGRP009  SR-90      NONE      5           8.865E+08
ISOTPGRP010  SR-91      NONE      5           3.413E+04
ISOTPGRP011  SR-92      NONE      5           9.756E+03      NEW
ISOTPGRP012  Y-90       SR-90     7           2.307E+05

```

ISOTPGRP013	Y-91	SR-91	7	5.080E+06	
ISOTPGRP014	Y-92	SR-92	7	1.274E+04	NEW
ISOTPGRP015	Y-93	NONE	7	3.636E+04	NEW
ISOTPGRP016	ZR-95	NONE	7	5.659E+06	
ISOTPGRP017	ZR-97	NONE	7	6.048E+04	
ISOTPGRP018	NB-95	ZR-95	7	3.033E+06	
ISOTPGRP019	MO-99	NONE	6	2.377E+05	
ISOTPGRP020	TC-99M	MO-99	6	2.167E+04	
ISOTPGRP021	RU-103	NONE	6	3.421E+06	
ISOTPGRP022	RU-105	NONE	6	1.598E+04	
ISOTPGRP023	RU-106	NONE	6	3.188E+07	
ISOTPGRP024	RH-105	RU-105	6	1.278E+05	
ISOTPGRP025	SB-127	NONE	4	3.283E+05	
ISOTPGRP026	SB-129	NONE	4	1.562E+04	
ISOTPGRP027	TE-127	SB-127	4	3.366E+04	
ISOTPGRP028	TE-127M	NONE	4	9.418E+06	
ISOTPGRP029	TE-129	SB-129	4	4.200E+03	
ISOTPGRP030	TE-129M	NONE	4	2.886E+06	
ISOTPGRP031	TE-131M	NONE	4	1.080E+05	
ISOTPGRP032	TE-132	NONE	4	2.808E+05	
ISOTPGRP033	I-131	TE-131M	2	6.947E+05	
ISOTPGRP034	I-132	TE-132	2	8.226E+03	
ISOTPGRP035	I-133	NONE	2	7.488E+04	
ISOTPGRP036	I-134	NONE	2	3.156E+03	
ISOTPGRP037	I-135	NONE	2	2.371E+04	
ISOTPGRP038	XE-133	I-133	1	4.571E+05	
ISOTPGRP039	XE-135	I-135	1	3.301E+04	
ISOTPGRP040	CS-134	NONE	3	6.501E+07	
ISOTPGRP041	CS-136	NONE	3	1.123E+06	
ISOTPGRP042	CS-137	NONE	3	9.495E+08	
ISOTPGRP043	BA-139	NONE	9	4.986E+03	NEW
ISOTPGRP044	BA-140	NONE	9	1.105E+06	
ISOTPGRP045	LA-140	BA-140	7	1.448E+05	
ISOTPGRP046	LA-141	NONE	7	1.418E+04	NEW
ISOTPGRP047	LA-142	NONE	7	5.724E+03	NEW
ISOTPGRP048	CE-141	LA-141	8	2.811E+06	PARENT ADDED
ISOTPGRP049	CE-143	NONE	8	1.188E+05	
ISOTPGRP050	CE-144	NONE	8	2.457E+07	
ISOTPGRP051	PR-143	CE-143	7	1.173E+06	
ISOTPGRP052	ND-147	NONE	7	9.495E+05	
ISOTPGRP053	NP-239	NONE	8	2.030E+05	
ISOTPGRP054	PU-238	CM-242	8	2.809E+09	
ISOTPGRP055	PU-239	NP-239	8	7.700E+11	
ISOTPGRP056	PU-240	CM-244	8	2.133E+11	
ISOTPGRP057	PU-241	NONE	8	4.608E+08	
ISOTPGRP058	AM-241	PU-241	7	1.366E+10	
ISOTPGRP059	CM-242	NONE	7	1.408E+07	
ISOTPGRP060	CM-244	NONE	7	5.712E+08	

* WET DEPOSITION DATA BLOCK, LOADED BY INPWET, STORED IN /WETCON/

*

* WASHOUT COEFFICIENT NUMBER ONE, LINEAR FACTOR

*

WDCWASH1001 9.5E-5 (JON HELTON AFTER JONES, 1986)

*

* WASHOUT COEFFICIENT NUMBER TWO, EXPONENTIAL FACTOR

*

WDCWASH2001 0.8 (JON HELTON AFTER JONES, 1986)

```

*****
*****
* DRY DEPOSITION DATA BLOCK, LOADED BY INPDRY, STORED IN /DRYCON/
*
* NUMBER OF PARTICLE SIZE GROUPS
*
DDNPSGRP001  1
*
* DEPOSITION VELOCITY OF EACH PARTICLE SIZE GROUP (M/S)
*
DDVDEPOS001  0.01  (VALUE SELECTED BY S. ACHARYA, NRC)
*****
*****
* DISPERSION PARAMETER DATA BLOCK, LOADED BY INPDIS, STORED IN /DISPY/,
/DISPZ/
*
* SIGMA = A X ** B  WHERE A AND B VALUES ARE FROM TADMOR AND GUR (1969)
*
* LINEAR TERM OF THE EXPRESSION FOR SIGMA-Y, 6 STABILITY CLASSES
*
* STABILITY CLASS: A      B      C      D      E      F
*
DPCYSIGA001  0.3658  0.2751  0.2089  0.1474  0.1046  0.0722
*
* EXPONENTIAL TERM OF THE EXPRESSION FOR SIGMA-Y, 6 STABILITY CLASSES
*
* STABILITY CLASS: A      B      C      D      E      F
*
DPCYSIGB001  .9031  .9031  .9031  .9031  .9031  .9031
*
* LINEAR TERM OF THE EXPRESSION FOR SIGMA-Z, 6 STABILITY CLASSES
*
* STABILITY CLASS: A      B      C      D      E      F
*
DPCZSIGA001  2.5E-4  1.9E-3  .2      .3      .4      .2
*
* EXPONENTIAL TERM OF THE EXPRESSION FOR SIGMA-Z, 6 STABILITY CLASSES
*
* STABILITY CLASS; A      B      C      D      E      F
*
DPCZSIGB001  2.125  1.6021  .8543  .6532  .6021  .6020
*
* LINEAR SCALING FACTOR FOR SIGMA-Y FUNCTION, NORMALLY 1
*
DPYSCALE001  1.
*
* LINEAR SCALING FACTOR FOR SIGMA-Z FUNCTION,
* NORMALLY USED FOR SURFACE ROUGHNESS LENGTH CORRECTION.
* (Z1 / Z0) ** 0.2,  FROM CRAC2 WE HAVE (10 CM / 3 CM) ** 0.2 = 1.27
*
DPZSCALE001  1.27
*****
*****
* EXPANSION FACTOR DATA BLOCK, LOADED BY INPEXP, STORED IN /EXPAND/
*
* TIME BASE FOR EXPANSION FACTOR (SECONDS)
*
PMTIMBAS001  600.  (10 MINUTES)
*
* BREAK POINT FOR FORMULA CHANGE (SECONDS)

```

```

*
PMBRKPNT001  3600.  (1 HOUR)
*
* EXPONENTIAL EXPANSION FACTOR NUMBER 1
*
PMXPFAC1001      0.2
*
* EXPONENTIAL EXPANSION FACTOR NUMBER 2
*
PMXPFAC2001      0.25
*****
*****
* PLUME RISE DATA BLOCK, LOADED BY INPLRS, STORED IN /PLUMRS/
*
* SCALING FACTOR FOR THE CRITICAL WIND SPEED FOR ENTRAINMENT OF A
BOUYANT PLUME
* (USED BY FUNCTION CAUGHT)
*
PRSCLCRW001      1.
*
* SCALING FACTOR FOR THE A-D STABILITY PLUME RISE FORMULA
* (USED BY FUNCTION PLMRIS)
*
PRSCCLADP001     1.
*
* SCALING FACTOR FOR THE E-F STABILITY PLUME RISE FORMULA
* (USED BY FUNCTION PLMRIS)
*
PRSCLEFP001      1.
*****
*****
* WAKE EFFECTS DATA BLOCK, LOADED BY INPWAK, STORED IN /BILWAK/
*
* BUILDING WIDTH (METERS)
*
WEBUILDW001      40.  * YGN3&4
*
* BUILDING HEIGHT (METERS)
*
WEBUILDH001      50.  * YGN3&4
*****
*****
* RELEASE DATA BLOCK, LOADED BY INPREL, STORED IN /ATNAM2/, /MULREL/
*
RDATNAM2001 'SECOND DRAFT 1150, WORST CASE SOURCE TERM FOR EARLY
FATALITIES'
*
* TIME AFTER ACCIDENT INITIATION WHEN THE ACCIDENT REACHES GENERAL
EMERGENCY
* CONDITIONS (AS DEFINED IN NUREG-0654), OR WHEN PLANT PERSONNEL CAN
RELIABLY
* PREDICT THAT GENERAL EMERGENCY CONDITIONS WILL BE ATTAINED
*
RDOALARM001      28800.
*
* NUMBER OF PLUME SEGMENTS THAT ARE RELEASED
*
RDNUMREL001      1
*
* SELECTION OF RISK DOMINANT PLUME

```



```

*
RDMAXRIS001          1
*
* REFERENCE TIME FOR DISPERSION AND RADIOACTIVE DECAY
*
RDREFTIM001          0.00      0.50
*
* HEAT CONTENT OF THE RELEASE SEGMENTS (W)
* A VALUE SPECIFIED FOR EACH OF THE RELEASE SEGMENTS
*
*RDPHEAT001          3.7E+6      1.7E5
RDPLHEAT001          3.7E+6
*
* HEIGHT OF THE PLUME SEGMENTS AT RELEASE (M)
* A VALUE SPECIFIED FOR EACH OF THE RELEASE SEGMENTS
*
*RDPLHITE001          0.          0.
RDPLHITE001          0.
*
* DURATION OF THE PLUME SEGMENTS (S)
* A VALUE SPECIFIED FOR EACH OF THE RELEASE SEGMENTS
*
*RDPLUDUR001          1800.      22000.
RDPLUDUR001          1800.
*
* TIME OF RELEASE FOR EACH PLUME (S AFTER SCRAM)
* A VALUE SPECIFIED FOR EACH OF THE RELEASE SEGMENTS
*
*RDPDELAY001          3700.      10000.
RDPDELAY001          3600.
*
* PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF EACH NUCLIDE GROUP
* YOU MUST SPECIFY A COLUMN OF DATA FOR EACH OF THE PARTICLE SIZE
GROUPS
*
RDPSDIST001          1.
RDPSDIST002          1.
RDPSDIST003          1.
RDPSDIST004          1.
RDPSDIST005          1.
RDPSDIST006          1.
RDPSDIST007          1.
RDPSDIST008          1.
RDPSDIST009          1.
*
* YGN UNIT 3,4 (6 YEAR OPERATION, KOPEC/94-T-055)
* ONLY CORINV(BQ) IS CONVERTED
* 08/01/97, NCEELAB,KAIST
*
*          NUCNAM          CORINV(BQ)
*
RDCORINV001          CO-58          4.717E+13
RDCORINV002          CO-60          6.404E+14
RDCORINV003          KR-85          5.521E+16
RDCORINV004          KR-85M        3.748E+17
RDCORINV005          KR-87          6.652E+17
RDCORINV006          KR-88          9.225E+17
RDCORINV007          RB-86          1.401E+16
RDCORINV008          SR-89          1.182E+18
RDCORINV009          SR-90          4.429E+17

```

RDCORINV010	SR-91	1.690E+18
RDCORINV011	SR-92	1.978E+18
RDCORINV012	Y-90	4.709E+17
RDCORINV013	Y-91	1.693E+18
RDCORINV014	Y-92	1.992E+18
RDCORINV015	Y-93	2.517E+18
RDCORINV016	ZR-95	3.086E+18
RDCORINV017	ZR-97	3.455E+18
RDCORINV018	NB-95	3.080E+18
RDCORINV019	MO-99	3.996E+18
RDCORINV020	TC-99M	3.499E+18
RDCORINV021	RU-103	4.253E+18
RDCORINV022	RU-105	3.449E+18
RDCORINV023	RU-106	2.468E+18
RDCORINV024	RH-105	3.117E+18
RDCORINV025	SB-127	2.999E+17
RDCORINV026	SB-129	8.102E+17
RDCORINV027	TE-127	2.991E+17
RDCORINV028	TE-127M	4.142E+16
RDCORINV029	TE-129	8.102E+17
RDCORINV030	TE-129M	1.201E+17
RDCORINV031	TE-131M	3.474E+17
RDCORINV032	TE-132	3.195E+18
RDCORINV033	I-131	2.312E+18
RDCORINV034	I-132	3.262E+18
RDCORINV035	I-133	4.379E+18
RDCORINV036	I-134	4.765E+18
RDCORINV037	I-135	4.145E+18
RDCORINV038	XE-133	4.421E+18
RDCORINV039	XE-135	8.577E+17
RDCORINV040	CS-134	1.665E+18
RDCORINV041	CS-136	3.664E+17
RDCORINV042	CS-137	9.051E+17
RDCORINV043	BA-139	3.759E+18
RDCORINV044	BA-140	3.592E+18
RDCORINV045	LA-140	4.019E+18
RDCORINV046	LA-141	3.365E+18
RDCORINV047	LA-142	3.189E+18
RDCORINV048	CE-141	3.376E+18
RDCORINV049	CE-143	3.977E+18
RDCORINV050	CE-144	2.593E+18
RDCORINV051	PR-143	2.952E+18
RDCORINV052	ND-147	1.443E+18
RDCORINV053	NP-239	5.840E+19
RDCORINV054	PU-238	4.636E+16
RDCORINV055	PU-239	8.448E+14
RDCORINV056	PU-240	1.621E+15
RDCORINV057	PU-241	5.343E+17
RDCORINV058	AM-241	5.647E+14
RDCORINV059	CM-242	3.695E+17
RDCORINV060	CM-244	2.436E+17

*

* SCALING FACTOR TO ADJUST THE CORE INVENTORY FOR POWER LEVEL

*

RDCORSCA001 0.999 * YGN3&4

*

* RELEASE FRACTIONS FOR ISOTOPE GROUPS IN RELEASE (CASE 1 : STC-3)

*

* ISOTOPE GROUPS:

*

```

*           XE/KR   I   CS   TE   SR   RU   LA   CE
BA
*
RDRELFRC001 1.0E+0 6.8E-2 8.8E-2 1.1E-2 7.7E-4 1.4E-3 4.9E-4 4.9E-4
1.0E-3
*****
*****
* OUTPUT CONTROL DATA BLOCK, LOADED BY INPOPT, STORED IN /STOPME/,
/ATMOPT/
*
* FLAG TO INDICATE THAT THIS IS THE LAST PROGRAM IN THE SERIES TO BE
RUN
*
OCENDAT1001 .FALSE. (SET THIS VALUE TO .TRUE. TO SKIP EARLY AND
CHRONC)
*
OCIDEBUG001 0
*****
*****
* METEOROLOGICAL SAMPLING DATA BLOCK
*
* METEOROLOGICAL SAMPLING OPTION CODE:
*
* METCOD = 1, USER SPECIFIED DAY AND HOUR IN THE YEAR (FROM MET FILE),
*           2, WEATHER CATEGORY BIN SAMPLING,
*           3, 120 HOURS OF WEATHER SPECIFIED ON THE ATMOS USER INPUT
FILE,
*           4, CONSTANT MET (BOUNDARY WEATHER USED FROM THE START),
*           5, STRATIFIED RANDOM SAMPLES FOR EACH DAY OF THE YEAR.
*
M1METCOD001 2      (USER SPECIFIED START TIME IN THE WEATHER FILE)
*
* LAST SPATIAL INTERVAL FOR MEASURED WEATHER
*
M2LIMSPA001 10
*
* BOUNDARY WEATHER MIXING LAYER HEIGHT
*
M2BNDMXH001 1000. (METERS)
*
* BOUNDARY WEATHER STABILITY CLASS INDEX
*
M2IBDSTB001 4      (D-STABILITY)
*
* BOUNDARY WEATHER RAIN RATE
*
M2BNDRAN001 5.     (MM/HR)
*
* BOUNDARY WEATHER WIND SPEED
*
M2BNDWND001 5.     (M/S)
*
* NUMBER OF RAIN DISTANCE INTERVALS FOR BINNING
*
M4NRNINT001 5
*
* ENDPOINTS OF THE RAIN DISTANCE INTERVALS (KILOMETERS)
*
* NOTE: THESE MUST BE CHOSEN TO MATCH THE SPATIAL ENDPOINT DISTANCES
*       SPECIFIED FOR THE ARRAY SPAEND (10 % ERROR IS ALLOWED).

```

```

*
M4RNDSTS001 3.2 6.4 16.0 48.0 80.0
*
* NUMBER OF RAIN INTENSITIY BREAKPOINTS
*
M4NRINTN001 3
*
* RAIN INTENSITY BREAKPOINTS FOR WEATHER BINNING (MILLIMETERS PER HOUR)
*
M4RRNRATE001 2. 4. 6.
*
* NUMBER OF SAMPLES PER BIN
*
M4NSMPLS001 4 (THIS NUMBER SHOULD BE SET TO 4 FOR RISK ASSESSMENT)
*
* INITIAL SEED FOR RANDOM NUMBER GENERATOR
*
M4IRSEED001 79
***** RELEASE DATA BLOCK *****
* SOURCE TERM NUMBER 2 OF 11
*
* CASE OF STC-4
*
RDATNAM2001 'RELEASE FRACTIONS OF SOURCE TERM 2 REDUCED BY A FACTOR OF
TEN'
*
* XE/KR I CS TE SR RU LA CE
BA
*
RDRELFRC001 1.0E-1 2.2E-2 2.2E-2 3.5E-3 2.5E-4 4.5E-4 1.6E-4 1.6E-4
3.3E-4
***** RELEASE DATA BLOCK *****
* SOURCE TERM NUMBER 3 OF 11
*
* CASE OF STC-6 & 10
*
RDATNAM2001 'RELEASE FRACTIONS OF SOURCE TERM 3 REDUCED BY A FACTOR OF
TEN'
*
* XE/KR I CS TE SR RU LA CE
BA
*
RDRELFRC001 1.0E-1 8.0E-4 6.3E-4 1.7E-4 3.2E-6 2.3E-9 5.1E-8 7.6E-8
4.3E-4
***** RELEASE DATA BLOCK *****
* SOURCE TERM NUMBER 4 OF 11
*
* CASE OF STC-7 & 11
*
RDATNAM2001 'RELEASE FRACTIONS OF SOURCE TERM 4 REDUCED BY A FACTOR OF
TEN'
*
* XE/KR I CS TE SR RU LA CE
BA
*
RDRELFRC001 1.0E-1 8.4E-4 1.2E-4 6.2E-5 8.1E-8 5.8E-8 1.3E-9 1.9E-9
1.1E-7
***** RELEASE DATA BLOCK *****
* SOURCE TERM NUMBER 5 OF 11
*

```

```

* CASE OF STC-8 & 12
*
RDATNAM2001 'RELEASE FRACTIONS OF SOURCE TERM 5 REDUCED BY A FACTOR OF
TEN'
*
*           XE/KR   I       CS       TE       SR       RU       LA       CE
BA
*
RDRELFRC001 1.0E-1 2.6E-3 3.4E-3 3.7E-3 3.9E-4 2.3E-6 5.1E-8 7.6E-8
1.6E-4
***** RELEASE DATA BLOCK *****
* SOURCE TERM NUMBER 6 OF 11
*
* CASE OF STC-14
*
RDATNAM2001 'RELEASE FRACTIONS OF SOURCE TERM 6 REDUCED BY A FACTOR OF
TEN'
*
*           XE/KR   I       CS       TE       SR       RU       LA       CE
BA
*
RDRELFRC001 1.0E-1 6.9E-2 5.9E-2 1.9E-2 4.1E-4 2.1E-4 1.0E-5 1.5E-5
6.5E-4
***** RELEASE DATA BLOCK *****
* SOURCE TERM NUMBER 7 OF 11
*
* CASE OF STC-15
*
RDATNAM2001 'RELEASE FRACTIONS OF SOURCE TERM 7 REDUCED BY A FACTOR OF
TEN'
*
*           XE/KR   I       CS       TE       SR       RU       LA       CE
BA
*
RDRELFRC001 1.0E-1 1.9E-2 1.3E-2 3.6E-3 7.4E-5 3.7E-5 1.8E-6 2.8E-6
1.2E-4
***** RELEASE DATA BLOCK *****
* SOURCE TERM NUMBER 8 OF 11
*
* CASE OF STC-16
*
RDATNAM2001 'RELEASE FRACTIONS OF SOURCE TERM 8 REDUCED BY A FACTOR OF
TEN'
*
*           XE/KR   I       CS       TE       SR       RU       LA       CE
BA
*
RDRELFRC001 1.0E-1 5.1E-4 3.3E-4 9.2E-5 1.9E-6 9.6E-7 4.7E-8 6.9E-8
3.1E-6
***** RELEASE DATA BLOCK *****
* SOURCE TERM NUMBER 9 OF 11
*
* CASE OF STC-17
*
RDATNAM2001 'RELEASE FRACTIONS OF SOURCE TERM 9 REDUCED BY A FACTOR OF
TEN'
*
*           XE/KR   I       CS       TE       SR       RU       LA       CE
BA
*

```

```

RDRELFRC001 1.0E-1 6.1E-3 3.9E-3 1.1E-3 2.3E-5 1.2E-5 5.6E-7 8.4E-7
3.6E-5
***** RELEASE DATA BLOCK *****
* SOURCE TERM NUMBER 10 OF 11
*
* CASE OF STC-18
*
RDATNAM2001 'RELEASE FRACTIONS OF SOURCE TERM 10 REDUCED BY A FACTOR OF
TEN'
*
*           XE/KR   I     CS     TE     SR     RU     LA     CE
BA
*
RDRELFRC001 1.0E-1 3.6E-2 2.4E-2 6.6E-3 1.4E-4 6.8E-5 3.3E-6 4.5E-6
2.2E-4
***** RELEASE DATA BLOCK *****
* SOURCE TERM NUMBER 11 OF 11
*
* CASE OF STC-19
*
RDATNAM2001 'RELEASE FRACTIONS OF SOURCE TERM 11 REDUCED BY A FACTOR OF
TEN'
*
*           XE/KR   I     CS     TE     SR     RU     LA     CE
BA
*
RDRELFRC001 7.4E-2 1.2E-2 9.3E-3 9.3E-3 1.2E-4 8.2E-5 1.8E-6 2.6E-6
1.5E-4

```

부록 2. YGNEARLY.INP 파일

```
* GENERAL DESCRIPTIVE TITLE DESCRIBING THIS "EARLY" INPUT FILE
*
MIEANAM1001 'YGNATMOS.INP, YGN 3&4, EARLY INPUT'
*
* FLAG TO INDICATE THAT THIS IS THE LAST PROGRAM IN THE SERIES TO BE
RUN
*
MIENDAT2001 .FALSE. (SET THIS VALUE TO .TRUE. TO SKIP CHRONC)
*
* DISPERSION MODEL OPTION CODE:  1 * STRAIGHT LINE
*                                2 * WIND-SHIFT WITH ROTATION
*                                3 * WIND-SHIFT WITHOUT ROTATION
*
MIIPLUME001  2
*
* NUMBER OF FINE GRID SUBDIVISIONS USED BY THE MODEL
*
MINUMFIN001  7 (3, 5 OR 7 ALLOWED)
*
* LEVEL OF DEBUG OUTPUT REQUIRED, NORMAL RUNS SHOULD SPECIFY ZERO
*
MIIPRINT001  0 (TURN ON THE DEBUG PRINT)
*
* LOGICAL FLAG SIGNIFYING THAT THE BREAKDOWN OF RISK BY WEATHER
CATEGORY
* BIN ARE TO BE PRESENTED TO SHOW THEIR RELATIVE CONTRIBUTION TO THE
MEAN
*
*                               RISBIN
*
MIRISCAT001  .FALSE.
*
* FLAG INDICATING IF WIND-ROSES FROM ATMOS ARE TO BE OVERRIDDEN
*
MIOVRRID001 .FALSE. (USE THE WIND ROSE CALCULATED FOR EACH WEATHER
BIN)
*****
* POPULATION DISTRIBUTION DATA BLOCK, LOADED BY INPOP, STORED IN
/POPDAT/
*
PDPOPFLG001  FILE
*
*PDPOPFLG001  UNIFORM
*PDIBEGIN001  1 (SPATIAL INTERVAL AT WHICH POPULATION BEGINS)
*PDPOPDEN001  50. (POPULATION DENSITY (PEOPLE PER SQUARE KILOMETER))
*****
* ORGAN DEFINITION DATA BLOCK, LOADED BY INORGA, STORED IN /EARDIM/ AND
/ORGNAM/
*
* NUMBER OF ORGANS DEFINED FOR HEALTH EFFECTS
*
ODNUMORG001  10
*
* NAMES OF THE ORGANS DEFINED FOR HEALTH EFFECTS
*
ODORGNAM001  'SKIN', 'EDEWBODY', 'LUNGS', 'RED MARR', 'LOWER LI',
'STOMACH',
```

ODORGNAM002 'THYROIDH', 'BONE SUR', 'BREAST', 'BLAD WAL'

* SHIELDING AND EXPOSURE FACTORS, LOADED BY INDFAC, STORED IN /EADFAC/

*

* THREE VALUES OF EACH PROTECTION FACTOR ARE SUPPLIED,

* ONE FOR EACH TYPE OF ACTIVITY:

*

* ACTIVITY TYPE:

* 1 - EVACUEES WHILE MOVING

* 2 - NORMAL ACTIVITY IN SHELTERING AND EVACUATION ZONE

* 3 - SHELTERED ACTIVITY

*

* CLOUD SHIELDING FACTOR

*

* SITE GG PB SEQ SUR ZION

* SHELTERING 0.7 0.5 0.65 0.6 0.5

*

* EVACUEES NORMAL SHELTER

*

SECSFACT001 1. 0.75 0.6 * YGN3&4 SHELTERING VALUE

*

* PROTECTION FACTOR FOR INHALATION

*

SEPROTIN001 1. 0.41 0.33 * VALUES FOR NORMAL ACTIVITY

AND

*

SHELTERING SELECTED BY NRC STAFF

*

* BREATHING RATE (CUBIC METERS PER SECOND)

*

SEBRRATE001 2.66E-4 2.66E-4 2.66E-4

*

* SKIN PROTECTION FACTOR

*

SESKPFAC001 1.0 0.41 0.33 * VALUES FOR NORMAL ACTIVITY AND

*

SHELTERING SELECTED BY NRC STAFF

*

* GROUND SHIELDING FACTOR

*

* SITE GG PB SEQ SUR ZION

* SHELTERING 0.25 0.1 0.2 0.2 0.1

*

SEGSHFAC001 0.5 0.33 0.2 * VALUE FOR NORMAL ACTIVITY

SELECTED BY NRC STAFF

*

* RESUSPENSION INHALATION MODEL CONCENTRATION COEFFICIENT (/METER)

*

* RESCON = 1.E-4 IS APPROPRIATE FOR MECHANICAL RESUSPENSION BY VEHICLES.

* RESHAF = 2.11 DAYS CAUSES 1.E-4 TO DECAY IN ONE WEEK TO 1.E-5, THE VALUE

* OF RESCON USED IN THE FIRST TERM OF THE LONG-TERM RESUSPENSION EQUATION

* USED IN CHRONC.

*

SERESCON001 1.E-4 (RESUSPENSION IS TURNED ON)

*

* RESUSPENSION CONCENTRATION COEFFICIENT HALF-LIFE (SEC)

*

SERESHAF001 1.82E5 (2.11 DAYS)


```

*****
* EVACUATION ZONE DATA BLOCK, LOADED BY EVNETW, STORED IN /NETWOR/,
/EOPTIO/
*
* SPECIFIC DESCRIPTION OF THE EMERGENCY RESPONSE SCENARIO BEING USED
*
EZEANAM2001 'EVACUATION WITHIN 10 MILES, RELOCATION MODELS APPLY
ELSEWHERE'
*
* THE TYPE OF WEIGHTING TO BE APPLIED TO THE EMERGENCY RESPONSE
SCENARIOS
* YOU MUST SUPPLY A VALUE OF 'TIME' OR 'PEOPLE'
*
EZWTNAME001 'PEOPLE'
*
* WEIGHTING FRACTION APPLICABLE TO THIS SCENARIO
*
EZWTFRAC001 0.95
*
* LAST RING IN THE MOVEMENT ZONE
*
EZLASM0V001 7 (EVACUEES DISAPPEAR AFTER TRAVELING TO 20 MILES)
*
* FIRST SPATIAL INTERVAL IN THE EVACUATION ZONE
*
EZINIEVA001 1 (NO INNER SHELTER ZONE)
*
* OUTER BOUNDS ON 3 EVACUATION ZONES (ZERO MEANS THE ZONE IS NOT
DEFINED)
*
EZLASEVA001 0 0 6 (SINGLE EVACUATION ZONE OUT TO 10 MILES)
*
* EVACUATION DELAY TIMES FOR THE 3 EVACUATION ZONES
* THIS IS THE DELAY TIME FROM OALARM (ATMOS) TO WHEN PEOPLE START
MOVING
*
EZEDELAY001 0. 0. 7200. (SURRY)
*
* RADIAL EVACUATION SPEED (M/S)
*
EZESPEED001 1.8 (SURRY)
*****
* SHELTER AND RELOCATION ZONE DATA BLOCK, LOADED BY INPEMR,
* STORED IN /INPSRZ/, /RELOCA/
*
* TIME TO TAKE SHELTER IN THE INNER SHELTER ZONE (SECONDS FROM OALARM)
*
SRTTOSH1001 0. (THERE IS NO INNER SHELTER ZONE)
*
* SHELTER DURATION IN THE INNER SHELTER ZONE (SECONDS FROM TAKING
SHELTER)
*
SRSHELT1001 0. (THERE IS NO INNER SHELTER ZONE)
*
* LAST RING OF THE OUTER SHELTER ZONE
*
SRLASHE2001 9 (THERE IS NO OUTER SHELTER ZONE)
*
* TIME TO TAKE SHELTER IN THE OUTER SHELTER ZONE (SECONDS FROM OALARM)
*

```

```

SRTTOSH2001      3600.      (THERE IS NO OUTER SHELTER ZONE)
*
* SHELTER DURATION IN THE OUTER SHELTER ZONE (SECONDS FROM TAKING
SHELTER)
*
SRSHELT2001      7200.      (THERE IS NO OUTER SHELTER ZONE)
*
* DURATION OF THE EMERGENCY PHASE (SECONDS FROM PLUME ARRIVAL)
*
SRENDEMP001 604800.      (ONE WEEK)
*
* CRITICAL ORGAN FOR RELOCATION DECISIONS
*
SRCRIORG001 'EDEWBODY'
*
* HOT SPOT RELOCATION TIME (SECONDS FROM PLUME ARRIVAL)
*
SRTIMHOT001 43200.      (ONE-HALF DAY)
*
* NORMAL RELOCATION TIME (SECONDS FROM PLUME ARRIVAL)
*
SRTIMNRM001 86400.      (ONE DAY)
*
* HOT SPOT RELOCATION DOSE CRITERION THRESHOLD (SIEVERTS)
*
SRDOSHOT001 0.5      (50 REM DOSE TO WHOLE BODY IN 1 WEEK TRIGGERS
RELOCATION)
*
* NORMAL RELOCATION DOSE CRITERION THRESHOLD (SIEVERTS)
*
SRDOSNRM001 0.25      (25 REM DOSE TO WHOLE BODY IN 1 WEEK TRIGGERS
RELOCATION)
*****
* EARLY FATALITY MODEL PARAMETERS, LOADED BY INEFAT, STORED IN /EFATAL/
*
* NUMBER OF EARLY FATALITY EFFECTS
*
EFNUMEFA001      3
*
*          ORGNAM          EFFACA  EFFACB  EFFTHR
*
EFATAGRP001 'RED MARR'          3.8      5.0      1.5
EFATAGRP002 'LUNGS'          10.0      7.0      5.0
EFATAGRP003 'LOWER LI'       15.0      10.0     8.0
*****
* EARLY INJURY MODEL PARAMETERS, LOADED BY INEINJ, STORED IN /EINJUR/
*
* NUMBER OF EARLY INJURY EFFECTS
*
EINUMEIN001      7
*
*          EINAME          ORGNAM  EISUSC  EITHRE  EIFACA  EIFACB
*
EINJUGRP001 'PRODROMAL VOMIT' 'STOMACH' 1.      .5      2.      3.
EINJUGRP002 'DIARRHEA'      'STOMACH' 1.      1.      3.      2.5
EINJUGRP003 'PNEUMONITIS'   'LUNGS'  1.      5.      10.     7.
EINJUGRP004 'SKIN ERYTHEMA'   'SKIN'   1.      3.      6.      5.
EINJUGRP005 'TRANSEPIDERMAL'  'SKIN'   1.      10.     20.     5.
EINJUGRP006 'THYROIDITIS'    'THYROIDH' 1.      40.     240.    2.
EINJUGRP007 'HYPOTHYROIDISM'  'THYROIDH' 1.      2.      60.     1.3

```

* ACUTE EXPOSURE CANCER PARAMETERS, LOADED BY INACAN STORED IN /ACANCR/.

*

* NUMBER OF ACUTE EXPOSURE CANCER EFFECTS

*

LCNUMACA001 7

*

* THRESHOLD DOSE FOR APPLYING THE DOSE DEPENDENT REDUCTION FACTOR

*

LCDDTHRE001 0.2 (LOWEST DOSE FOR WHICH DDREFA WILL BE APPLIED)

*

* DOSE THRESHOLD FOR LINEAR DOSE RESPONSE (SV)

*

LCACTHRE001 0.0 (LINEAR-QUADRATIC MODEL IS NOT BEING USED)

*

DDREFA	ACNAME	ORGNAM	ACSUSC	DOSEFA	DOSEFB	CFRISK	CIRISK
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

*

LCANCERS001	'LEUKEMIA'	'RED MARR'	1.0	1.0	0.0	9.70E-3	9.70E-3
2.0							

LCANCERS002	'BONE'	'BONE SUR'	1.0	1.0	0.0	9.00E-4	9.00E-4
2.0							

LCANCERS003	'BREAST'	'BREAST'	1.0	1.0	0.0	5.40E-3	1.59E-2
1.0							

LCANCERS004	'LUNG'	'LUNGS'	1.0	1.0	0.0	1.55E-2	1.73E-2
2.0							

LCANCERS005	'THYROID'	'THYROIDH'	1.0	1.0	0.0	7.20E-4	7.20E-3
1.0							

LCANCERS006	'GI'	'LOWER LI'	1.0	1.0	0.0	3.36E-2	5.75E-2
2.0							

LCANCERS007	'OTHER'	'BLAD WAL'	1.0	1.0	0.0	2.76E-2	5.52E-2
2.0							

* RESULT 1 OPTIONS BLOCK, LOADED BY INOUT1, STORED IN /INOUT1/

* TOTAL NUMBER OF A GIVEN EFFECT (LATENT CANCER, EARLY DEATH, EARLY INJURY)

*

* NUMBER OF DESIRED RESULTS OF THIS TYPE

*

TYPE1NUMBER 34

*

TYPE1OUT001	'ERL FAT/TOTAL'			1	10	CCDF (0 TO 50
MILES)						

TYPE1OUT002	'ERL INJ/PRODRIMAL VOMIT'			1	10	CCDF
-------------	---------------------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT003	'ERL INJ/DIARRHEA'			1	10	CCDF
-------------	--------------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT004	'ERL INJ/PNEUMONITIS'			1	10	CCDF
-------------	-----------------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT005	'ERL INJ/THYROIDITIS'			1	10	CCDF
-------------	-----------------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT006	'ERL INJ/HYPOTHYROIDISM'			1	10	CCDF
-------------	--------------------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT007	'ERL INJ/SKIN ERYTHEMA'			1	10	CCDF
-------------	-------------------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT008	'ERL INJ/TRANSEPIDERMAL'			1	10	CCDF
-------------	--------------------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT009	'CAN FAT/TOTAL'			1	10	CCDF
-------------	-----------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT010	'CAN FAT/LUNG'			1	10	CCDF
-------------	----------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT011	'CAN FAT/THYROID'			1	10	CCDF
-------------	-------------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT012	'CAN FAT/BREAST'			1	10	CCDF
-------------	------------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT013	'CAN FAT/GI'			1	10	CCDF
-------------	--------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT014	'CAN FAT/LEUKEMIA'			1	10	CCDF
-------------	--------------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT015	'CAN FAT/BONE'			1	10	CCDF
-------------	----------------	--	--	---	----	------

TYPE1OUT016	'CAN FAT/OTHER'			1	10	CCDF
-------------	-----------------	--	--	---	----	------

```

TYPE1OUT017 'CAN INJ/TOTAL' 1 10 CCDF
TYPE1OUT018 'ERL FAT/TOTAL' 1 6 CCDF (0 TO 10
MILES)
TYPE1OUT019 'ERL INJ/PRODRIMAL VOMIT' 1 6 CCDF
TYPE1OUT020 'ERL INJ/DIARRHEA' 1 6 CCDF
TYPE1OUT021 'ERL INJ/PNEUMONITIS' 1 6 CCDF
TYPE1OUT022 'ERL INJ/THYROIDITIS' 1 6 CCDF
TYPE1OUT023 'ERL INJ/HYPOTHYROIDISM' 1 6 CCDF
TYPE1OUT024 'ERL INJ/SKIN ERYTHEMA' 1 6 CCDF
TYPE1OUT025 'ERL INJ/TRANSEPIDERMAL' 1 6 CCDF
TYPE1OUT026 'CAN FAT/TOTAL' 1 6 CCDF
TYPE1OUT027 'CAN FAT/LUNG' 1 6 CCDF
TYPE1OUT028 'CAN FAT/THYROID' 1 6 CCDF
TYPE1OUT029 'CAN FAT/BREAST' 1 6 CCDF
TYPE1OUT030 'CAN FAT/GI' 1 6 CCDF
TYPE1OUT031 'CAN FAT/LEUKEMIA' 1 6 CCDF
TYPE1OUT032 'CAN FAT/BONE' 1 6 CCDF
TYPE1OUT033 'CAN FAT/OTHER' 1 6 CCDF
TYPE1OUT034 'CAN INJ/TOTAL' 1 6 CCDF

```

```

*****
* RESULT 2 OPTIONS BLOCK, LOADED BY INOUT2, STORED IN /INOUT2/
* FURTHEST DISTANCE AT WHICH A GIVEN RISK OF EARLY DEATH IS EXCEEDED.
*
* NUMBER OF DESIRED RESULTS OF THIS TYPE
*

```

```

TYPE2NUMBER 1
*
* FATALITY RISK THRESHOLD
*

```

```

TYPE2OUT001 0.
*****
* RESULT 3 OPTIONS BLOCK, LOADED BY INOUT3, STORED IN /INOUT3/
* NUMBER OF PEOPLE WHOSE DOSE TO A GIVEN ORGAN EXCEEDS A GIVEN
THRESHOLD.
*

```

```

* NUMBER OF DESIRED RESULTS OF THIS TYPE
*
TYPE3NUMBER 3
*
* ORGAN NAME DOSE THRESHOLD (SV) DOSE FLAG
*
TYPE3OUT001 'RED MARR' 1.5 ACUTE
TYPE3OUT002 'LUNGS' 5.0 ACUTE
TYPE3OUT003 'EDEWBODY' 0.05 LIFETIME
*****

```

```

* RESULT 4 OPTIONS BLOCK, LOADED BY INOUT4, STORED IN /INOUT4/
* 360 DEGREE AVERAGE RISK OF A GIVEN EFFECT AT A GIVEN DISTANCE.
*
* POSSIBLE TYPES OF EFFECTS ARE:
*

```

```

* 'ERL FAT/TOTAL'
* 'ERL INJ/INJURY NAME'
* 'CAN FAT/CANCER NAME'
* 'CAN FAT/TOTAL'
*

```

```

* NUMBER OF DESIRED RESULTS OF THIS TYPE
*
TYPE4NUMBER 5
*
* RADIAL INDEX TYPE OF EFFECT

```

```

*
TYPE4OUT001      1      'ERL FAT/TOTAL'
TYPE4OUT002      2      'ERL FAT/TOTAL'
TYPE4OUT003      3      'ERL FAT/TOTAL'
TYPE4OUT004      4      'ERL FAT/TOTAL'
TYPE4OUT005      5      'ERL FAT/TOTAL'
*****
* RESULT 5 OPTIONS BLOCK, LOADED BY INOUT5, STORED IN /INOUT5/
*
* TOTAL POPULATION DOSE TO A GIVEN ORGAN BETWEEN TWO DISTANCES.
*
* NUMBER OF DESIRED RESULTS OF THIS TYPE
*
TYPE5NUMBER      2
*
*          ORGAN      I1DIS5      I2DIS5
*
TYPE5OUT001 'EDEWBODY'      1          6          (0-10 MILES)
TYPE5OUT002 'EDEWBODY'      1          10      CCDF (0-50 MILES)
*****
* RESULT 6 OPTIONS BLOCK, LOADED BY INOUT6, STORED IN /INOUT6/
*
* CENTERLINE DOSE TO AN ORGAN VS DIST BY PATHWAY, PATHWAY NAMES ARE AS
FOLLOWS:
*
* PATHWAY NAME:
*   'CLD' - CLOUDSHINE
*   'GRD' - GROUNDSHINE
*   'INH ACU' - "ACUTE DOSE EQUIVALENT" FROM DIRECT INHALATION OF THE
CLOUD
*   'INH LIF' - "LIFETIME DOSE COMMITMENT" FROM DIRECT INHALATION OF
THE CLOUD
*   'RES ACU' - "ACUTE DOSE EQUIVALENT" FROM RESUSPENSION INHALATION
*   'RES LIF' - "LIFETIME DOSE COMMITMENT" FROM RESUSPENSION
INHALATION
*   'TOT ACU' - "ACUTE DOSE EQUIVALENT" FROM ALL PATHWAYS
*   'TOT LIF' - "LIFETIME DOSE COMMITMENT" FROM ALL PATHWAYS
*
* NUMBER OF DESIRED RESULTS OF THIS TYPE
*
TYPE6NUMBER      0
*
*          ORGNAM      PATHNM      I1DIS6      I2DIS6
*
*TYPE6OUT001 'RED MARR'      'TOT ACU'      1          6          (0-10 MILES)
*TYPE6OUT002 'LUNGS'      'TOT ACU'      1          6          (0-10 MILES)
*TYPE6OUT003 'EDEWBODY'      'TOT LIF'      1          10         (0-50 MILES)
*****
* RESULT 7 OPTIONS BLOCK, LOADED BY INOUT7, STORED IN /INOUT7/
*
* CENTERLINE RISK OF A GIVEN EFFECT VS DISTANCE
*
* NUMBER OF DESIRED RESULTS OF THIS TYPE
*
TYPE7NUMBER      0
*
*          NAME          I1DIS7      I2DIS7
*
*TYPE7OUT001 'ERL FAT/TOTAL'      1          6          (0-10
MILES)

```

```

*TYPE7OUT002      'CAN FAT/TOTAL'          1          10          (0-50
MILES)
*****
* RESULT 8 OPTIONS BLOCK, LOADED BY INOUT8, STORED IN /INOUT8/
*
* POPULATION WEIGHTED FATALITY RISK BETWEEN 2 DISTANCES
*
* NUMBER OF DESIRED RESULTS OF THIS TYPE
*
TYPE8NUMBER      2
*
*              NAME          I1DIS8  I2DIS8
*
TYPE8OUT001 'ERL FAT/TOTAL'    1          5      CCDF  (0-EXCL ZONE + 1 MI)
TYPE8OUT002 'CAN FAT/TOTAL'    1          6      CCDF  (0-10 MILES)
*****
* EMERGENCY RESPONSE SCENARIO NUMBER 2
*****
* EVACUATION ZONE DATA BLOCK, LOADED BY EVNETW, STORED IN /NETWOR/,
/EOPTIO/
*
* SPECIFIC DESCRIPTION OF THE EMERGENCY RESPONSE SCENARIO BEING USED
*
EZEANAM2001  'NO EVACUATION, RELOCATION MODELS APPLY EVERYWHERE'
*
* WEIGHTING FRACTION APPLICABLE TO THIS SCENARIO
*
EZWTFRAC001  0.05
*
* LAST RING IN THE MOVEMENT ZONE
*
EZLASM0V001      7      (A ZERO TURNS OFF THE EVACUATION MODEL)
*****
* EMERGENCY RESPONSE SCENARIO NUMBER 3
*****
* EVACUATION ZONE DATA BLOCK, LOADED BY EVNETW, STORED IN /NETWOR/,
/EOPTIO/
*
* SPECIFIC DESCRIPTION OF THE EMERGENCY RESPONSE SCENARIO BEING USED
*
EZEANAM2001  'SHELTERING WITHIN 10 MILES, RELOCATION MODELS APPLY
ELSEWHERE'
*
* WEIGHTING FRACTION APPLICABLE TO THIS SCENARIO
*
EZWTFRAC001  0.0 (THIS CASE IS NOT BEING COMBINED WITH SCENARIOS 1 AND
2)
*
* TIME TO TAKE SHELTER IN THE OUTER SHELTER ZONE (SECONDS FROM OALARM)
*
SRTTOSH2001  2700. (45 MINUTES TO TAKE SHELTER)
*
* SHELTER DURATION IN THE OUTER SHELTER ZONE (SECONDS FROM TAKING
SHELTER)
*
SRSHELT2001  43200. (12 HOUR SHELTER DURATION)
*
* LAST RING OF THE OUTER SHELTER ZONE
*

```

SRLASHE2001

9

(OUTER SHELTER ZONE EXTENDS FROM 0 TO 10 MILES)

부록 3. YGNLATE.INP 파일

```
* GENERAL DESCRIPTIVE TITLE DESCRIBING THIS "CHRONC" INPUT FILE
*
CHCHNAME001 'YGNATMOS.INP, YGN 3&4, CHRONC INPUT'
*****
* EMERGENCY RESPONSE COST DATA BLOCK
*
* DAILY COST FOR A PERSON WHO IS EVACUATED (DOLLARS/PERSON-DAY)
*
CHEVACST001 27.00 (INCLUDES FOOD AND HOUSING COSTS BUT NOT LOST
INCOME)
*
* DAILY COST FOR A PERSON WHO IS RELOCATED (DOLLARS/PERSON-DAY)
*
CHRELCST001 27.00 (INCLUDES FOOD AND HOUSING COSTS BUT NOT LOST
INCOME)
*****
* LONG TERM PROTECTIVE ACTION DATA BLOCK
*
* END OF THE INTERMEDIATE PHASE PERIOD (SECONDS FROM ACCIDENT
INITIATION)
*
CHTMIPND001 604800. (7 DAYS, NO INTERMEDIATE PHASE)
*
* LONG-TERM PHASE DOSE PROJECTION PERIOD, THE DURATION OF THE EXPOSURE
* PERIOD OVER WHICH THE LONG-TERM DOSE CRITERION IS EVALUATED (SECONDS)
*
CHTMPACT001 1.58E8 (5 YEARS)
*
* DOSE CRITERION FOR INTERMEDIATE PHASE RELOCATION (SV)
*
CHDSCRTI001 1.0E5 (NO INTERMEDIATE PHASE RELOCATION)
*
* DOSE CRITERION FOR LONG-TERM PHASE RELOCATION (SV)
*
CHDSCRLT001 0.04
*
* CRITICAL ORGAN NAME FOR LONG-TERM ACTIONS
*
CHCRTOCR001 'EDEWBODY'
*****
* DECONTAMINATION PLAN DATA BLOCK
*
* NUMBER OF LEVELS OF DECONTAMINATION
*
CHLVLDEC001 2
*
* DECONTAMINATION TIMES CORRESPONDING TO THE LVLDEC LEVELS OF
DECONTAMINATION
* (SECONDS)
*
CHTIMDEC001 5.184E6 1.0368E7 (60, 120 DAYS)
*
* DOSE REDUCTION FACTORS CORRESPONDING TO THE LVLDEC LEVELS OF
DECONTAMINATION
*
CHDSRFCT001 3. 15.
*
```



```

* COST OF FARM DECONTAMINATION PER FARMLAND UNIT AREA (DOLLARS/HECTARE)
* FOR THE VARIOUS LEVELS OF DECONTAMINATION
*
CHCDFRM0001  562.5  1250.
*
* COST OF NONFARM DECONTAMINATION PER RESIDENT PERSON (DOLLARS/PERSON)
* FOR THE VARIOUS LEVELS OF DECONTAMINATION
*
CHCDNFRM001  3000.  8000.
*
* FRACTION OF FARMLAND DECONTAMINATION COST DUE TO LABOR
* FOR THE VARIOUS DECONTAMINATION LEVELS
*
CHFREDL0001  .3      .35
*
* FRACTION OF NON-FARM DECONTAMINATION COST DUE TO LABOR
* FOR THE VARIOUS DECONTAMINATION LEVELS
*
CHFRNFDL001  .7      .5
*
* FRACTION OF TIME WORKERS IN FARM AREAS SPEND IN CONTAMINATED AREAS
* FOR THE VARIOUS DECONTAMINATION LEVELS
*
CHTFWKF0001  .10     .33
*
* FRACTION OF TIME WORKERS IN NON-FARM AREAS SPEND IN CONTAMINATED
AREAS
* FOR THE VARIOUS DECONTAMINATION LEVELS
*
CHTFWKNF001  .33     .33
*
* AVERAGE COST OF DECONTAMINATION LABOR (DOLLARS/MAN-YEAR)
*
CHDLBCST001  35000.
*****
* INTERDICTION COST DATA BLOCK
*
* DEPRECIATION (DETERIORATION) RATE DURING INTERDICTION PERIOD (PER
YEAR)
*
CHDPRATE001  .20     (VALUE OBTAINED FROM WASH-1400, APPENDIX 6)
*
* INVESTMENT INCOME RETURN (DISCOUNT RATE) DURING INTERDICTION PERIOD
(PER YEAR)
* THIS VALUE SHOULD BE DERIVED AS A REAL RETURN RATE ADJUSTED FOR
INFLATION
*
CHDSRATE001  .12     (VALUE OBTAINED FROM WASH-1400, APPENDIX 6)
*
* POPULATION RELOCATION COST (DOLLARS/PERSON):
* ALTERNATIVE HOUSING, MOVING COSTS, AND LOST INCOME FOR PEOPLE IN
* AREAS WHICH REQUIRE DECONTAMINATION, INTERDICTION, OR CONDEMNATION
*
CHPOPCST001  5000.
*****
* GROUNDSHINE WEATHERING DEFINITION DATA BLOCK
*
* NUMBER OF TERMS IN THE GROUNDSHINE WEATHERING RELATIONSHIP (EITHER 1
OR 2)
*

```

```

CHNGWTRM001  2
*
* GROUNDSHINE WEATHERING COEFFICIENTS
*
CHGWCOEF001  0.5    0.5                (JON HELTON)
*
* HALF LIVES CORRESPONDING TO THE GROUNDSHINE WEATHERING COEFFICIENTS
(S)
*
CHTGWHLF001  1.6E7  2.8E9                (JON HELTON)
*****
* RESUSPENSION WEATHERING DEFINITION DATA BLOCK
*
* NUMBER OF TERMS IN THE RESUSPENSION WEATHERING RELATIONSHIP
*
CHNRWTRM001  3
*
* RESUSPENSION CONCENTRATION COEFFICIENTS  (/ METER)
* RELATIONSHIP BETWEEN GROUND CONCENTRATION AND INSTANTANEOUS AIR ONC.
*
CHRWCOEF001  1.0E-5  1.0E-7  1.0E-9  (VALUES HERE SELECTED BY JON
HELTON)
*
* HALF-LIVES CORRESPONDING TO THE RESUSPENSION CONCENTRATION
COEFFICIENTS (S)
*
CHTRWHLF001  1.6E7  1.6E8  1.6E9  (6 MONTHS, 5 YEARS, 50 YEARS)
*****
* SITE REGION DESCRIPTION DATA BLOCK
*
* FRACTION OF AREA THAT IS LAND IN THE REGION
*
CHFRACLD001  0.95  (ROUGH GUESS VALUE, SITE FILE OVERRIDES THIS
VALUE)
*
* FRACTION OF LAND DEVOTED TO FARMING IN THE REGION
*
CHFRCFRM001  0.382  (VIRGINIA STATE VALUE, SITE FILE OVERRIDES THIS
VALUE)
*
* AVERAGE VALUE OF ANNUAL FARM PRODUCTION IN THE REGION
(DOLLARS/HECTARE)
* (CASH RECEIPTS FROM FARMING PLUS VALUE OF HOME CONSUMPTION)/(LAND IN
FARMS)
*
CHFRMPRD001  371.0  (VIRGINIA STATE VALUE, SITE FILE OVERRIDES THIS
VALUE)
*
* FRACTION OF FARM PRODUCTION RESULTING FROM DAIRY PRODUCTION IN THE
REGION
* (VALUE OF MILK PRODUCED)/(CASH RECEIPTS FROM FARMING PLUS HOME
CONSUMPTION)
*
CHDFRCT001  0.198  (VIRGINIA STATE VALUE, SITE FILE OVERRIDES THIS
VALUE)
*
* VALUE OF FARM WEALTH (DOLLARS/HECTARE)
* (AVERAGE VALUE PER HECTARE OF FARM LAND AND BUILDINGS TO 100 MILES)
*
CHVALWF0001  2613.  *  SURRY

```

```

*
* FRACTION OF FARM WEALTH IN IMPROVEMENTS FOR THE REGION
*
CHFRFIM0001  0.25  *  SURRY
*
* NON-FARM WEALTH, PROPERTY AND IMPROVEMENTS FOR THE REGION
(DOLLARS/PERSON)
* THE VALUE OF ALL RESIDENTIAL, BUSINESS, AND PUBLIC ASSETS WHICH
WOULD BE
* LOST IN THE EVENT OF PERMANENT INTERDICTION (CONDEMNATION) OF THE
AREA
*
CHVALWNF001  84000.  *  SURRY
*
* FRACTION OF NON-FARM WEALTH IN IMPROVEMENTS FOR THE REGION
*
CHFRNFIM001  0.8
*****
* SPECIAL OPTIONS DATA BLOCK
*
* DETAILED PRINT OPTION CONTROL SWITCHES, LOOK AT THE CODE BEFORE
TURNING ON!!
* (KCEPNT, KDFPNT, KDTPNT, KGCPNT, KLTPNT, KWPNT, KSWRSK,
KSWDSC)
*
CHKSWTCH001  0      0      0      0      0      0      0      0
*****
* NUMBER OF DEFINED CROPS IN THE CHRONC FOOD INGESTION MODEL
*
CHNFICRP001  7      (UP TO 10 ALLOWED)
*
* NOTE TO USER: THE CODE MAKES SPECIAL TREATMENT OF CROP NAMES
BEGINNING
* WITH 'PASTURE' DUE TO THE CONTINUOUS NATURE OF THE HARVESTING
PROCESS.
* IF THE USER WISHES TO DEFINE A NEW CROP CATEGORY FOR RANGELAND
PASTURE,
* IT SHOULD BE CALLED 'PASTURE-RANGE' OR 'PASTURE-DRY'.
*
*
* FRACTION OF CROP CONSUMED BY
*
*
* CROP NAME                MAN      DAIRY    MEAT
*                               ANIMALS  ANIMALS
*
* NAMCRP                    FRCTCH  FRCTCM  FRCTCB
CHCRPTBL001 'PASTURE          ' 0.0    0.1    0.9
CHCRPTBL002 'STORED FORAGE    ' 0.0    0.13   0.87
CHCRPTBL003 'GRAINS           ' 0.35   0.040  0.61
CHCRPTBL004 'GRN LEAFY VEGETABLES' 1.0    0.0    0.0
CHCRPTBL005 'OTHER FOOD CROPS ' 1.0    0.0    0.0
CHCRPTBL006 'LEGUMES AND SEEDS ' 0.24   0.046  0.714
CHCRPTBL007 'ROOTS AND TUBERS ' 1.0    0.0    0.0
*****
* WATER PATHWAY NUCLIDE DEFINITIONS FOR CHRONC
*
* NUMBER OF NUCLIDES IN THE WATER INGESTION PATHWAY MODEL
*
CHNUMWPI001  4
*
* TABLE OF NUCLIDE DEFINITIONS IN THE WATER INGESTION PATHWAY MODEL

```

```

* WATER PATHWAY NUCLIDES MUST BE A SUBSET OF THE INGESTION MODEL
NUCLIDES
*
* IF A SITE DATA FILE IS DEFINED, THE DATA DEFINING THE WATERSHED
INGESTION
* FACTOR IS SUPERSEDED BY THE CORRESPONDING DATA IN THE SITE DATA FILE
*
* WINGF VALUES BY DRAINAGE SYSTEM
* NUCLIDE SR-89 SR-90 CS-134 CS-137
* RIVER 5.0E-6 5.0E-6 5.0E-6 5.0E-6
* GREAT LAKE 2.0E-7 2.0E-7 2.0E-6 4.0E-6
* OCEAN 0.0 0.0 0.0 0.0
*
* WATER INITIAL ANNUAL INGESTION FACTOR
* NUCLIDE WASHOFF WASHOFF ((BQ INGESTED)/
* FRACTION RATE (BQ IN WATER))
*
* NAMWPI WSHFRI WSHRTA WINGF
CHWTRISO001 SR-89 0.01 0.004 5.0E-6
CHWTRISO002 SR-90 0.01 0.004 5.0E-6
CHWTRISO003 CS-134 0.005 0.001 5.0E-6
CHWTRISO004 CS-137 0.005 0.001 5.0E-6
*****
* FOOD PATHWAY DEFINITION DATA
*
* NUMBER OF NUCLIDES IN THE CHRONC FOOD INGESTION MODEL
*
CHNFIISO001 6 (UP TO 10 ALLOWED, BEWARE THAT DAUGHTER BUILDUP IS NOT
TREATED)
*
* TABLE OF NUCLIDE DEFINITIONS IN THE CHRONC INGESTION PATHWAY MODEL
*
* NUCLIDES THAT WERE DEFINED IN THE WATER PATHWAY DATA ABOVE MUST BE
* A SUBSET OF THE CHRONC INGESTION FOOD PATHWAY NUCLIDES. THE WATER
* PATHWAY NUCLIDES MUST BE LISTED FIRST IN THIS DATA BLOCK AND IN THE
* SAME ORDER AS THEY WERE LISTED IN THE WATER PATHWAY DATA BLOCK
*
* RETENTION FACTORS TRANSFER FACTORS
* INGESTION PROCESSING AND DECAY [(BQ TRANSFERED)/
* NUCLIDE MILK/MAN MEAT/MAN (BQ INGESTED)]
* MILK MEAT
*
* NAMIPI DCYPMH DCYPBH TFMLK TFBF
CHISODEF001 SR-89 0.66 0.77 0.022 0.00022
CHISODEF002 SR-90 1.0 1.0 0.022 0.00022
CHISODEF003 CS-134 1.0 1.0 0.11 0.023
CHISODEF004 CS-137 1.0 1.0 0.11 0.024
CHISODEF005 I-131 0.28 0.18 0.13 0.0024
CHISODEF006 I-133 0.002 0.0 0.062 0.0011
*****
* TRANSFER FACTOR FROM SOIL TO PLANT BY ROOT-UPTAKE (AND BY SOIL
INGESTION FOR
* GRAZING ON PASTURE) INTEGRATED OVER ALL TIME [(BQ TRANSFERED)/(BQ
DEPOSITED)]
*
* GREEN OTHER LEGUMES
ROOTS STORED LEAFY FOOD AND
AND
* NUCLIDE PASTURE FORAGE GRAINS VEG CROPS SEEDS

```

```

TUBERS
*
*          NAMISO   TCROOT  TCROOT  TCROOT  TCROOT  TCROOT  TCROOT
TCROOT
CHTCROOT001 SR-89   4.1E-4  1.3E-3  4.3E-5  1.7E-4  8.6E-6  3.7E-4
1.1E-4
CHTCROOT002 SR-90   2.6E-2  9.0E-2  3.3E-3  1.3E-2  6.6E-4  2.8E-2
8.4E-3
CHTCROOT003 CS-134   1.3E-3  7.1E-4  3.5E-5  1.4E-5  1.1E-4  9.3E-5
5.6E-5
CHTCROOT004 CS-137   6.9E-3  1.5E-3  7.6E-5  3.0E-5  2.3E-4  2.0E-4
1.2E-4
CHTCROOT005 I-131   1.6E-4   0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
0.0
CHTCROOT006 I-133   1.7E-6   0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
0.0
*****
* RADIOACTIVE DECAY RETENTION FACTORS (I.E., 1 - F WHERE F = FRACTION
OF
* RADIOACTIVITY LOST BY DECAY) FOR NUCLIDES IN CROPS FROM TIME OF
HARVEST
* TO TIME OF CONSUMPTION BY HUMANS (FRACTION RETAINED)
*
*
*          GREEN   OTHER   LEGUMES
ROOTS
*          STORED   LEAFY   FOOD   AND
AND
*          NUCLIDE  PASTURE  FORAGE  GRAINS  VEG     CROPS  SEEDS
TUBERS
*
*          NAMISO   DCYPCH  DCYPCH  DCYPCH  DCYPCH  DCYPCH  DCYPCH
DCYPCH
CHDCYPCH001 SR-89   0.0    0.0    0.18   0.67   0.21   0.18
0.18
CHDCYPCH002 SR-90   0.0    0.0    0.99   1.0    0.99   0.99
0.99
CHDCYPCH003 CS-134   0.0    0.0    0.84   0.96   0.85   0.84
0.84
CHDCYPCH004 CS-137   0.0    0.0    0.99   1.0    0.99   0.99
0.99
CHDCYPCH005 I-131   0.0    0.0    0.0099 0.21   0.024  0.0099
0.0099
CHDCYPCH006 I-133   0.0    0.0    0.0    0.0    0.0    0.0
0.0
*****
* RETENTION FACTORS FOR NUCLIDES IN CROPS FROM TIME OF HARVEST TO TIME
OF
* CONSUMPTION BY MILK-PRODUCING ANIMALS (FRACTION RETAINED). FACTOR
REFLECTS
* LOSSES DUE TO RADIOACTIVE DECAY.
*
*
*          GREEN   OTHER   LEGUMES
ROOTS
*          STORED   LEAFY   FOOD   AND
AND
*          NUCLIDE  PASTURE  FORAGE  GRAINS  VEG     CROPS  SEEDS
TUBERS
*
*          NAMISO   DCYPCM  DCYPCM  DCYPCM  DCYPCM  DCYPCM  DCYPCM
DCYPCM

```

CHDCYPCM001	SR-89	1.0	0.37	0.20	0.0	0.0	0.20
0.0							
CHDCYPCM002	SR-90	1.0	0.99	0.99	0.0	0.0	0.99
0.0							
CHDCYPCM003	CS-134	1.0	0.92	0.85	0.0	0.0	0.85
0.0							
CHDCYPCM004	CS-137	1.0	0.99	0.99	0.0	0.0	0.99
0.0							
CHDCYPCM005	I-131	1.0	0.063	0.032	0.0	0.0	0.032
0.0							
CHDCYPCM006	I-133	1.0	0.0068	0.0034	0.0	0.0	0.0034
0.0							

 * RETENTION FACTORS FOR NUCLIDES IN CROPS FROM TIME OF HARVEST TO TIME
 OF
 * CONSUMPTION BY MEAT-PRODUCING ANIMALS (FRACTION RETAINED). FACTOR
 REFLECTS
 * LOSSES DUE TO RADIOACTIVE DECAY.
 *
 *

					GREEN	OTHER	LEGUMES
					LEAFY	FOOD	AND
	NUCLIDE	PASTURE	FORAGE	GRAINS	VEG	CROPS	SEEDS
ROOTS							
*			STORED				
AND							
*							
TUBERS							
*							

	NAMISO	DCYPCB	DCYPCB	DCYPCB	DCYPCB	DCYPCB	DCYPCB
CHDCYPCB001	SR-89	1.0	0.37	0.20	0.0	0.0	0.20
0.0							
CHDCYPCB002	SR-90	1.0	0.99	0.99	0.0	0.0	0.99
0.0							
CHDCYPCB003	CS-134	1.0	0.92	0.85	0.0	0.0	0.85
0.0							
CHDCYPCB004	CS-137	1.0	0.99	0.99	0.0	0.0	0.99
0.0							
CHDCYPCB005	I-131	1.0	0.063	0.032	0.0	0.0	0.032
0.0							
CHDCYPCB006	I-133	1.0	0.0068	0.0034	0.0	0.0	0.0034
0.0							

 * CROP PROCESSING AND PREPARATION RETENTION FACTORS FOR NUCLIDES IN
 FOOD
 * CROPS CONSUMED BY HUMANS (FRACTION RETAINED). FACTORS REFLECT LOSS
 OF
 * NUCLIDES FROM FOODS DUE TO PROCESSING (E.G., WASHING OF FRUIT,
 PEELING
 * OF POTATOES, LOSSES DURING CANNING) AND FOOD PREPARATION (COOKING)
 FROM
 * THE TIME OF PROCESSING OF THE HARVESTED CROP TO THE TIME OF
 CONSUMPTION
 * BY HUMANS. FACTORS DO NOT REFLECT LOSSES DUE TO RADIOACTIVE DECAY.
 *
 *

					GREEN	OTHER	LEGUMES
					LEAFY	FOOD	AND
	NUCLIDE	PASTURE	FORAGE	GRAINS	VEG	CROPS	SEEDS
ROOTS							
*			STORED				
AND							
*							
TUBERS							
*							

```

*          NAMISO   FPLSCH  FPLSCH  FPLSCH  FPLSCH  FPLSCH  FPLSCH
FPLSCH
CHFPLSCH001 SR-89      0.0    0.0    0.25   0.5    0.71   0.8
0.8
CHFPLSCH002 SR-90      0.0    0.0    0.25   0.5    0.71   0.8
0.8
CHFPLSCH003 CS-134     0.0    0.0    0.25   0.5    0.71   0.8
0.8
CHFPLSCH004 CS-137     0.0    0.0    0.25   0.5    0.71   0.8
0.8
CHFPLSCH005 I-131     0.0    0.0    0.33   0.5    0.71   0.8
0.8
CHFPLSCH006 I-133     0.0    0.0    0.33   0.5    0.71   0.8
0.8
*****
* DEFINE THE DIRECT DEPOSITION TO CROPS TRANSFER FUNCTION
*
* NUMBER OF TERMS IN THE DIRECT DEPOSITION TO CROPS TRANSFER FUNCTION
*
CHNTRTRM001    2
*
* LOSSES DUE TO WEATHERING FROM PLANT SURFACES AND DURING TRANSLOCATION
* FROM PLANT SURFACES TO INTERIOR EDIBLE PORTIONS OF PLANTS ARE
MODELLED
* USING THE FOLLOWING EQUATION:
*
* FRACTION RETAINED = CTCOE1*EXP(-LN2/CTHALF1) + CTCOE2*EXP(-
LN2/CTHALF2)
*
* FOR PASTURE, STORED FORAGE, GREEN LEAFY VEGETABLES, AND OTHER FOOD
CROPS,
* THIS EQUATION IS USED AS A TWO TERM WEATHERING EQUATION. FOR GRAINS,
* LEGUMES AND SEEDS, AND ROOTS AND TUBERS WHERE RADIOACTIVITY IS
CONSUMED
* ONLY IF TRANSLOCATED TO EDIBLE PORTIONS OF THE PLANT, THIS EQUATION
IS
* REDUCED TO A TRANSLOCATION TRANSFER FACTOR BY SETTING CTCOE2 TO
ZERO,
* CTHALF2 TO ONE SECOND, AND CTHALF1 TO ABOUT ONE MILLION YEARS (1E13
* SECONDS). WHEN USED TO MODEL TRANSLOCATION, THE VALUE OF THE
TRANSLOCATION
* TRANSFER FACTOR IS DEVELOPED FROM FALLOUT DATA AND IS INPUT AS THE
VALUE
* OF CTCOE1.
*
* TWO TIME PERIODS ARE USED FOR WEATHERING, THE FIRST IS 14 DAYS LONG
(1.21E6
* SECONDS) AND THE SECOND IS 50 DAYS LONG (4.32E6 SECONDS).
*
* DIRECT DEPOSITION TRANSFER COEFFICIENTS BY CHRONC INGESTION MODEL
NUCLIDE
* ((BQ TRANSFERED)/(BQ DEPOSITED))
*
*          GREEN   OTHER   LEGUMES
*          STORED  LEAFY   FOOD   AND
* TERM 1  NUCLIDE  PASTURE  FORAGE  GRAINS  VEG    CROPS  SEEDS
TUBERS
CHCTCOEF101 SR-89      0.3    0.2    0.01   0.24   0.2    0.005
0.0006

```

CHCTCOEF102	SR-90	0.3	0.2	0.01	0.24	0.2	0.005
0.0006							
CHCTCOEF103	CS-134	0.3	0.2	0.05	0.24	0.2	0.01
0.025							
CHCTCOEF104	CS-137	0.3	0.2	0.05	0.24	0.2	0.01
0.025							
CHCTCOEF105	I-131	0.3	0.2	0.0	0.24	0.2	0.0
0.0							
CHCTCOEF106	I-133	0.3	0.2	0.0	0.24	0.2	0.0
0.0							
* TERM 2							
CHCTCOEF201	SR-89	0.076	0.05	0.0	0.06	0.05	0.0
0.0							
CHCTCOEF202	SR-90	0.076	0.05	0.0	0.06	0.05	0.0
0.0							
CHCTCOEF203	CS-134	0.076	0.05	0.0	0.06	0.05	0.0
0.0							
CHCTCOEF204	CS-137	0.076	0.05	0.0	0.06	0.05	0.0
0.0							
CHCTCOEF205	I-131	0.076	0.05	0.0	0.06	0.05	0.0
0.0							
CHCTCOEF206	I-133	0.076	0.05	0.0	0.06	0.05	0.0
0.0							

* CROP TRANSFER HALF-LIVES BY CHRONC INGESTION MODEL NUCLIDE (SECONDS)
*
*

		ROOTS			GREEN	OTHER	LEGUMES
		AND			LEAFY	FOOD	AND
* TERM 1	NUCLIDE	PASTURE	FORAGE	GRAINS	VEG	CROPS	SEEDS
TUBERS							
CHCTHALF101	SR-89	1.21E6	1.21E6	1E13	1.21E6	1.21E6	1E13
1E13							
CHCTHALF102	SR-90	1.21E6	1.21E6	1E13	1.21E6	1.21E6	1E13
1E13							
CHCTHALF103	CS-134	1.21E6	1.21E6	1E13	1.21E6	1.21E6	1E13
1E13							
CHCTHALF104	CS-137	1.21E6	1.21E6	1E13	1.21E6	1.21E6	1E13
1E13							
CHCTHALF105	I-131	1.21E6	1.21E6	1.0	1.21E6	1.21E6	1.0
1.0							
CHCTHALF106	I-133	1.21E6	1.21E6	1.0	1.21E6	1.21E6	1.0
1.0							
* TERM2							
CHCTHALF201	SR-89	4.32E6	4.32E6	1.0	4.32E6	4.32E6	1.0
1.0							
CHCTHALF202	SR-90	4.32E6	4.32E6	1.0	4.32E6	4.32E6	1.0
1.0							
CHCTHALF203	CS-134	4.32E6	4.32E6	1.0	4.32E6	4.32E6	1.0
1.0							
CHCTHALF204	CS-137	4.32E6	4.32E6	1.0	4.32E6	4.32E6	1.0
1.0							
CHCTHALF205	I-131	4.32E6	4.32E6	1.0	4.32E6	4.32E6	1.0
1.0							
CHCTHALF206	I-133	4.32E6	4.32E6	1.0	4.32E6	4.32E6	1.0
1.0							

* TABLE OF CROP DATA (GROWING SEASON AND FARMLAND SHARE) IN THE REGION.
*

* IF A SITE DATA FILE IS BEING USED (AS SPECIFIED ON THE EARLY USER INPUT FILE),
 * THEN DATA FROM THE SITE FILE (AND NOT THE DATA BELOW) IS USED FOR THE
 * CALCULATION OF DOSES AND COSTS FROM THE AGRICULTURE MODEL AND THE
 NUMBERS
 * BELOW ARE NOT UTILIZED IN THE CALCULATIONS.
 *
 * IF A SITE DATA FILE IS NOT BEING USED, THE DATA BELOW IS USED IN ITS
 STEAD.
 *
 * IN ALL CASES, THE USER MUST SUPPLY VALID VALUES FOR THE PARAMETERS
 BELOW.

CROP NAME	GROWING SEASON (DAYS)		FARMLAND SHARE
	START	END	
NAMCRP	TGSBEG	TGSEND	FRCTFL
CHCRPRGN001 'PASTURE	' 90.	270.	0.41
CHCRPRGN002 'STORED FORAGE	' 150.	240.	0.13
CHCRPRGN003 'GRAINS	' 150.	240.	0.21
CHCRPRGN004 'GRN LEAFY VEGETABLES'	150.	240.	0.002
CHCRPRGN005 'OTHER FOOD CROPS	' 150.	240.	0.004
CHCRPRGN006 'LEGUMES AND SEEDS	' 150.	240.	0.15
CHCRPRGN007 'ROOTS AND TUBERS	' 150.	240.	0.003

* FLAG DETERMINING WHETHER OR NOT THE FOOD ACTIONS ARE COUPLED
 *
 CHCOUPLD001 .FALSE. (GROWING-SEASON ACTIONS INDEPENDENT OF LONG-TERM
 ACTIONS)
 *

* PROTECTIVE ACTION GUIDES FOR THE GROWING-SEASON PATHWAY FOR BOTH MILK
 * AND NON-MILK CROPS, DEFINED SEPARATELY AS PSCMLK AND PSCOTH.
 *

* THESE VALUES ARE CALCULATED OUTSIDE OF THE CODE BY ASSUMING THAT THE
 * ACCIDENT OCCURED IN THE MIDDLE OF THE GROWING SEASON. THESE VALUES
 * ARE THE GROUND CONCENTRATION OF EACH NUCLIDE (ASSUMING A SINGLE
 NUCLIDE

* RELEASE) WHICH WOULD RESULT IN A MAXIMALLY EXPOSED INDIVIDUAL
 RECEIVING
 * A DOSE NOT EXCEEDING 0.05 SIEVERT EFFECTIVE-WHOLE-BODY-DOSE-
 EQUIVALENT
 * OR 0.15 SIEVERT TO THE THYROID. THE UNITS ARE (BECQUERELS / SQUARE-
 METER).
 *

NUCLIDE	MILK AND PRODUCTS	OTHER CROPS AND PRODUCTS
NAMIPI	PSCMLK	PSCOTH
CHPAGMCP001 SR-89	2.2E07	2.2E07
CHPAGMCP002 SR-90	2.4E05	2.4E05
CHPAGMCP003 CS-134	2.2E05	2.2E05
CHPAGMCP004 CS-137	2.7E05	2.7E05
CHPAGMCP005 I-131	1.3E06	8.0E06
CHPAGMCP006 I-133	1.1E10	1.0E20

* PROTECTIVE ACTION GUIDES FOR LONG-TERM AGRICULTURAL PRODUCTION,
 GCMAXR, AND
 * THE RATE AT WHICH EACH RADIONUCLIDE BECOMES UNAVAILABLE FOR UPTAKE,
 QROOT.

```

*
* GCMAXR VALUES ARE CALCULATED OUTSIDE OF THE CODE BY ASSUMING THAT THE
ACCIDENT
* IS EQUALLY LIKELY THROUGHOUT THE YEAR.  THESE VALUES ARE THE GROUND
* CONCENTRATION OF EACH NUCLIDE (ASSUMING A SINGLE NUCLIDE RELEASE)
WHICH
* WOULD RESULT IN A MAXIMALLY EXPOSED INDIVIDUAL RECEIVING A DOSE
COMMITMENT
* NO GREATER THAN 0.005 SIEVERT EFFECTIVE-WHOLE-BODY-DOSE-EQUIVALENT OR
* 0.015 SIEVERT TO THE THYROID AS A RESULT OF AN EXPOSURE INTEGRATED
* FROM T=0 TO T=INFINITY.  THE DECISION TO CALCULATE GCMAXR VALUES
* BASED ON AN INFINITE EXPOSURE DURATION WAS MADE BY NRC STAFF.
* THE UNITS ARE (BQ/SQUARE-METER).
*
* QROOT VALUES ARE DERIVED TO TAKE ACCOUNT OF THE COMBINED EFFECT OF
* PERCOLATION, CHEMICAL BINDING AND RADIOACTIVE DECAY IN REDUCING THE
AMOUNT
* OF MATERIAL AVAILABLE FOR LONG-TERM UPTAKE INTO FOOD IN UNITS OF (PER
YEAR).
*
*
*      NAMIPI      GCMAXR      QROOT
CHPAGLTS001  SR-89      1.8E8      4.9
CHPAGLTS002  SR-90      3.7E4      0.065
CHPAGLTS003  CS-134     4.1E6      0.59
CHPAGLTS004  CS-137     1.8E6      0.28
CHPAGLTS005  I-131      1.E20      32.0
CHPAGLTS006  I-133      1.E20      290.0
*
* AN ALTERNATIVE METHOD FOR DERIVING VALUES FOR GCMAXR IS TO BASE THEM
* ON A ONE YEAR EXPOSURE PERIOD INSTEAD OF AN INFINITE EXPOSURE PERIOD.
* IF THE USER WOULD LIKE TO ADOPT THIS APPROACH, A SET OF APPROPRIATE
* VALUES CAN BE FOUND IN THE FOLLOWING COMMENT CARDS.  THE VALUES BELOW
* CORRESPOND TO A MAXIMALLY EXPOSED INDIVIDUAL RECEIVING A DOSE
COMMITMENT
* NO GREATER THAN 0.005 SIEVERT EFFECTIVE-WHOLE-BODY-DOSE-EQUIVALENT OR
* 0.015 SIEVERT TO THE THYROID AS A RESULT OF CONSUMING CONTAMINATED
FOOD
* OVER A ONE YEAR EXPOSURE PERIOD.
* IN ORDER TO USE A DIFFERENT DOSE LIMIT, RATIO THE VALUE OF GCMAXR.
*
*      NAMIPI      GCMAXR      QROOT
*CHPAGLTS001  SR-89      1.8E8      4.9
*CHPAGLTS002  SR-90      5.9E5      0.065
*CHPAGLTS003  CS-134     9.2E6      0.59
*CHPAGLTS004  CS-137     7.4E6      0.28
*CHPAGLTS005  I-131      1.E20      32.0
*CHPAGLTS006  I-133      1.E20      290.0
*****
* DEFINE THE TYPE 9 RESULTS
*
* LONG-TERM POPULATION DOSE IN A GIVEN REGION BROKEN DOWN BY THE 12
PATHWAYS
*
* NUMBER OF RESULTS OF THIS TYPE THAT ARE BEING REQUESTED
* FOR EACH RESULT YOU REQUEST, THE CODE WILL PRODUCE A SET OF 12
*
TYPE9NUMBER  2      (UP TO 10 ALLOWED)
*
*      ORGNAM      INNER      OUTER
*

```

```

TYPE9OUT001 'EDEWBODY' 1 10 (0-50 MILES)
TYPE9OUT002 'EDEWBODY' 1 7 (0-10 MILES)
*****
* ECONOMIC COST RESULTS IN A REGION BROKEN DOWN BY 12 TYPES OF COSTS
*
* NUMBER OF RESULTS OF THIS TYPE THAT ARE BEING REQUESTED
* FOR EACH RESULT YOU REQUEST, THE CODE WILL PRODUCE A SET OF 12
*
TYP10NUMBER 2 (UP TO 10 ALLOWED)
*
* INNER OUTER
*
TYP10OUT001 1 10 (0-50 MILES)
TYP10OUT002 1 7 (0-10 MILES)
*****
* DEFINE A FLAG THAT CONTROLS THE PRODUCTION OF THE ACTION DISTANCE
RESULTS
*
* SPECIFYING A VALUE OF .TRUE. TURNS ON ALL 8 OF THE ACTION DISTANCE
RESULTS,
* A VALUE OF .FALSE. WILL ELIMINATE THE ACTION DISTANCE RESULTS FROM
THE OUTPUT.
*
TYP11FLAG11 .TRUE.
*****
* IMPACTED AREA/POPULATION RESULTS IN A REGION BROKEN DOWN BY 6 TYPES
OF IMPACTS
*
* NUMBER OF RESULTS OF THIS TYPE THAT ARE BEING REQUESTED
* FOR EACH RESULT YOU REQUEST, THE CODE WILL PRODUCE A SET OF 8
*
TYP12NUMBER 2 (UP TO 10 ALLOWED)
*
* INNER OUTER
*
TYP12OUT001 1 10 (0-50 MILES)
TYP12OUT002 1 7 (0-10 MILES)
*
* number of decontamination methods depends on the surfaces
*
DECONMTD001 5 4 7 4
*
* decontamination method for various surfaces
*
* Agri. Field method rate cost DF
*
DECONMTD101 Water 2.149E+3 2.190E-2 1.299E+0
DECONMTD102 Leach 1.814E+3 5.200E-2 1.520E+0
DECONMTD103 Plow10-12 8.500E+3 4.000E-3 1.975E+0
DECONMTD104 Deep_plow 5.000E+3 6.000E-2 2.565E+0
DECONMTD105 Clear 5.430E+2 2.600E-2 1.442E+0
*
* Wooded Land method rate cost DF
*
DECONMTD201 Fixative1 5.080E+2 1.313E+0 1.688E+0
DECONMTD202 Fixative2 8.000E+0 5.118E+0 1.778E+0
DECONMTD203 Fixative3 4.000E+0 5.118E+0 4.108E+0
DECONMTD204 Fixative4 1.200E+1 5.683E+0 1.874E+0
*
* Roof method rate cost DF

```

*				
DECONMTD301	Vacuum	8.100E+1	2.300E-1	1.980E+0
DECONMTD302	Pr_water1	8.100E+1	2.300E-1	6.769E+0
DECONMTD303	Pr_water2	8.100E+1	7.400E-1	1.602E+1
DECONMTD304	Sandblast	2.100E+1	4.480E+0	3.332E+1
DECONMTD305	Foam	8.100E+1	1.730E+0	1.000E+1
DECONMTD306	Strip_coat	8.100E+1	3.260E+0	4.954E+0
DECONMTD307	Remov_repl	2.400E+1	1.908E+1	9.617E+1
*				
* Asphalt road method rate cost DF				
*				
DECONMTD401	vacuum	8.632E+3	4.300E-3	1.778E+0
DECONMTD402	Pr_water1	2.596E+4	1.300E-3	6.579E+0
DECONMTD403	Foam	1.719E+4	9.110E-2	1.000E+1
DECONMTD404	Strip_Coat	4.297E+3	1.783E+0	1.369E+1

부록 4. 출력 파일 중 건강영향 요약

05/13/98 09:48:17 PAGE 1		PROB	NON-ZERO	MEAN
HEALTH EFFECTS CASES				
ERL FAT/TOTAL	0-80.0 KM	.3271		6.62E+00
ERL INJ/PRODRONTAL VOMIT	0-80.0 KM	.3949		2.43E+01
ERL INJ/DIARRHEA	0-80.0 KM	.3700		1.13E+01
ERL INJ/PNEUMONITIS	0-80.0 KM	.2067		2.39E+00
ERL INJ/THYROIDITIS	0-80.0 KM	.1824		5.00E-01
ERL INJ/HYPOTHYROIDISM	0-80.0 KM	.4858		3.39E+01
ERL INJ/SKIN ERYTHEMA	0-80.0 KM	.5055		1.39E+03
ERL INJ/TRANSEPIDERMAL	0-80.0 KM	.4767		3.85E+02
CAN FAT/TOTAL	0-80.0 KM	.9984		1.52E+03
CAN FAT/LUNG	0-80.0 KM	.9984		3.51E+02
CAN FAT/THYROID	0-80.0 KM	.9984		3.38E+01
CAN FAT/BREAST	0-80.0 KM	.9984		1.34E+02
CAN FAT/GI	0-80.0 KM	.9984		3.88E+02
CAN FAT/LEUKEMIA	0-80.0 KM	.9984		1.92E+02
CAN FAT/BONE	0-80.0 KM	.9984		1.06E+02
CAN FAT/OTHER	0-80.0 KM	.9984		3.17E+02
CAN INJ/TOTAL	0-80.0 KM	.9984		2.72E+03
ERL FAT/TOTAL	0-16.0 KM	.3271		6.62E+00
ERL INJ/PRODRONTAL VOMIT	0-16.0 KM	.3949		2.43E+01
ERL INJ/DIARRHEA	0-16.0 KM	.3700		1.13E+01
ERL INJ/PNEUMONITIS	0-16.0 KM	.2067		2.39E+00
ERL INJ/THYROIDITIS	0-16.0 KM	.1824		5.00E-01
ERL INJ/HYPOTHYROIDISM	0-16.0 KM	.4858		3.39E+01
ERL INJ/SKIN ERYTHEMA	0-16.0 KM	.5055		1.39E+03
ERL INJ/TRANSEPIDERMAL	0-16.0 KM	.4767		3.85E+02
CAN FAT/TOTAL	0-16.0 KM	.9984		5.66E+02
CAN FAT/LUNG	0-16.0 KM	.9984		1.90E+02
CAN FAT/THYROID	0-16.0 KM	.9984		1.54E+01
CAN FAT/BREAST	0-16.0 KM	.9984		1.81E+01
05/13/98 09:48:17 PAGE 2		PROB	NON-ZERO	MEAN
HEALTH EFFECTS CASES				
CAN FAT/GI	0-16.0 KM	.9984		9.43E+01
CAN FAT/LEUKEMIA	0-16.0 KM	.9984		9.20E+01
CAN FAT/BONE	0-16.0 KM	.9984		8.61E+01
CAN FAT/OTHER	0-16.0 KM	.9984		6.99E+01
CAN INJ/TOTAL	0-16.0 KM	.9984		8.99E+02
EARLY FATALITY DISTANCE (KM)				
ERL FAT/TOTAL RISK > .000		.6681		1.23E+00
POPULATION EXCEEDING DOSE				
EARLY-ACUTE RED MARR > 1.500 SV		.3271		3.44E+01
EARLY-ACUTE LUNGS > 5.000 SV		.2067		1.03E+01
EARLY-LIFETIME EDEWBODY > .050 SV		.6217		1.70E+04
AVERAGE INDIVIDUAL RISK				
ERL FAT/TOTAL	0-1.6 KM	.6681		5.37E-03
ERL FAT/TOTAL	1.6-3.2 KM	.1005		1.71E-05
ERL FAT/TOTAL	3.2-4.8 KM	.0027		4.73E-07
ERL FAT/TOTAL	4.8-6.4 KM	.0000		0.00E+00
ERL FAT/TOTAL	6.4-8.0 KM	.0000		0.00E+00

POPULATION DOSE (SV)

EDEWBODY	TOT LIF	0-16.0 KM	.9984	1.18E+04
EDEWBODY	TOT LIF	0-80.0 KM	.9984	3.48E+04

POPULATION WEIGHTED RISK

ERL FAT/TOTAL		0-8.0 KM	.3271	1.65E-04
CAN FAT/TOTAL		0-16.0 KM	.5477	5.04E-03

서 지 정 보 양 식

수행기관 보고서 번호	위탁기관 보고서 번호	표준보고서 번호	INIS 주제코드
KAERI/TR-1110/98			
제목/부제	방사선원 방출 변수가 인체 건강에 미치는 영향 평가		
연구책임자 및 부서명 (AR, TR인 경우 주저자)	정 중 태, 종합안전평가팀/미래원자력기술개발단		
연구자 및 부서명 : 하 재 주, 종합안전평가팀			
발행지	대 전	발행기관	한국원자력연구소
발행일	1998. 8.		
페이지	98 쪽	도 표	유(0) 무()
크 기	26 cm		
참고사항			
비밀여부	공개(0), 대외비(), ()급비밀	보고서종류	기술보고서
연구위탁기관		계약번호	
<p>초록</p> <p>원자력 발전소의 중대사고시 환경으로 방출되는 방사성 물질의 방출 특성이 건강영향에 미치는 영향을 평가하였다. 이는 변수들의 상대적 중요도를 파악하는데 유용할 뿐만 아니라 소의 리스크를 최소화시키기 위한 대책 개발에 있어서 중요한 인자가 될 수 있다. 방사선원 방출 변수들로는 방출 고도, 열 함량, 연소도, 방출 시간, 방출 기간, 경고 시간이며 이들 변수들의 변화에 따라 영향을 받는 건강영향 인자로는 조기 사망자 수, 암 사망자 수, 조기 상해자 수, 인구가중 조기 사망 리스크, 인구가중 암 사망 리스크, 암 상해자 수, 인구집단 유효 전선 피폭선량, 조기 사망 리스크, 조기 피폭선량 1.5 Sv 초과자 수, 조기 사망 발생 거리 등이다. 영광 3,4호기를 대상 발전소로 하여 MACCS 코드를 건강영향 평가 도구로 활용하였다. 방출 고도의 변화는 후기 건강영향에 미치는 영향이 거의 없으나 조기 건강영향의 경우에는 방출 고도가 증가할수록 대부분 그 값이 감소한다. 열 함량의 값이 증가함에 따라 조기 건강영향 및 후기 건강영향 모두 그 값이 감소한다. 연소도가 증가할수록 후기 건강영향 인자들의 값은 증가하는 반면 조기 건강영향에는 연소도 변화에 따른 영향이 거의 없다. 다만, 조기 상해자 수는 연소도 증가에 따라 그 값이 증가함을 보여 준다. 방출 시간의 변화에 따른 모든 건강영향의 변화는 거의 유사한 경향을 보여 주는데 2시간까지는 증가하다가 이후 급격히 감소한다. 방출 기간이 증가함에 따라 후기 건강영향은 약간의 증가를 보여주지만 조기 건강영향에서는 방출 기간이 증가하면서 감소하는 경향을 보여준다. 경고 시간이 증가하면 후기 건강영향은 경고 시간 2시간 정도까지는 감소하다가 그 이후의 시간에 대해서는 거의 변화가 없음을 보여준다. 조기 건강영향의 경우, 조기 상해자 수는 경고 시간 2시간까지 급격히 감소하다가 이후의 시간에서는 거의 변화가 없으며 조기 사망자 수와 조기사망 리스크는 경고 시간이 증가할수록 오히려 증가함을 보여준다.</p>			
주제명 : 방사선원, 방출변수, 건강영향			

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET

Performing Org. Report No.	Sponsoring Org. Report No.	Standard Report No.	INIS Subject Code
KAERI/TR-1110/98			
Title/Subtitle	The Influence of Source Term Release Parameters on Health Effects		
Project Manager and Dept. (or Main Author)	Jongtae Jeong, Integrated Safety Assessment Team		
Researcher and Dep't : Jaejoo Ha (Integrated Safety Assessment Team)			
Pub. Place	Taejon	Pub. Org.	KAERI
			Pub. Date
			1998. 7.
Page	98 p	Fig. & Tab.	Yes(0) No()
			Size
			26 cm
Note			
Classified	Open (0), Outside(), ()Class	Report Type	Tech. Report
Sponsoring Org.		Contract No.	
<p>Abstract</p> <p>In this study, the influence of source term release parameters on the health effects was examined. This is very useful in identifying the relative importance of release parameters and can be an important factor in developing a strategy for reducing offsite risks. The release parameters investigated in this study are release height, heat content, fuel burnup, release time, release duration, and warning time. The health effects affected by the change of release parameters are early fatalities, cancer fatalities, early injuries, cancer injuries, early fatality risk, population weighted early fatality risk, population weighted cancer fatality risk, effective wholebody population dose, population exceeding an early acute red bone marrow dose of 1.5 Sv, and distance at which early fatalities are expected to occur. As release height increases, the values of early health effects such as early fatalities and injuries decrease. However, the release height does not have significant influences on late health effects. The values of both early and late health effects decrease as heat content increases. The increase fuel burnup, i.e., the increase of core inventories increases the late health effects, however, has small influence on the early health effects. But, the number of early injuries increases as the fuel burnup increases. The effects of release time increase shows very similar influence on both the early and late health effects. As the release time increases to 2 hours, the values of health effects increase and then decrease rapidly. As release duration increases, the values of late health effects increase slightly, however, the values of early health effects decrease. As warning time increases to 2 hours, the values of late health effects decrease and then shows no variation. The number of early injuries decreases rapidly as the warning time increases to 2 hours. However, the number of early fatalities and the early fatality risk increase as the warning time increases.</p>			
Subject Keywords : Source Term, Release Parameters, Health Effects			