

원폭투하시 몬테칼로 방법을 이용한 서울 지역의 초기방사선량 계산

김제식, 김종경

한양대학교

요 약

서울시 중심부 300m 상공에서 약 22kT의 플루토늄 원폭이 폭발했을 때를 가정하고 폭발시 나오는 초기 방사선에 의한 선량을 계산하였다. 계산을 위하여 몬테칼로 코드인 MCNP4A를 이용하였으며 방사선의 위해도를 알아보기 위하여 선량당량으로 환산하였다. 계산 결과 가까운 거리에서는 평균자유행로가 짧은 중성자에 의한 선량이 높게 나왔으나 거리가 멀어질수록 감마선에 의한 영향이 더 큰 것으로 나타났다.

1. 서 론

원자폭탄의 폭발은 폭발, 열, 초기방사선의 대량 방출, 잔류 방사선(낙진)에 의한 방사능 오염과 전자장 파동 효과를 수반한다. 이중 가장 관심을 끄는 것은 방사선에 의한 피해이다. 원자폭탄에서 나오는 중요한 방사선원으로는 중성자, 감마선 및 약간의 베타선 입자등 여러가지가 포함된다. 그중 거의 모든 감마선 및 중성자는 폭발시 핵분열 반응을 통해서 나오며, 중성자가 폭탄 잔해물이나 주변 공기, 땅, 물에 흡수되면 감마선과 함께 여러가지 방사성물질들이 만들어지고 이들은 방사능 낙진을 형성한다. 여기서 초기 방사선이라함은 폭발후 대략 1분 이내에 나오는 방사선을 말하며 핵분열 반응에서 나오는 중성자와 감마선, 그리고 중성자와 폭탄 잔해물의 반응에서 나오는

감마선을 포함한다.

2. 계산 모델

원자폭탄의 효과는 폭발 높이에 따라 달라지는 데, 공중폭발일 때에는 폭풍, 열 및 초기 방사선의 효과가 크게 나타난다. 22kT 정도일 때에는 약 300m 높이에서 폭발하면 가장 넓은 범위에 피해를 주는 것으로 알려져 있다. 따라서 이번 계산에서는 폭발 높이(선원의 위치)를 300m 상공으로 설정하였다.

2.1. 서울시 모형

도시는 여러가지 형태의 복잡한 건물이나 시설물이 많이 있기 때문에 아무 것도 없는 평면보다는 선량의 분포에 끼치는 영향이 클 것이다. 그러나 모델링하는 데 어려움이 많으므로 단지 콘크리트 전체로 덮혀있는 평면이라고 가정하였다. 초기 방사선은 폭발 지점 근처에 주로 영향을 미치므로, 계산 범위를 줄이기 위해서 가까운 산 몇개를 모형에 포함시켰는데, 서울의 중심인 광화문 네거리 상공을 원폭이 폭발한 위치라고 할 때, 주변에 있는 남산, 인왕산, 북한산이 이 모형에 포함된다.

서울시 전체의 반지름은 약 15km이지만 폭발 근접지역만을 고려하여 반지름 5km인 구로 하여, 이를 반으로 나누어 아래 cell은 콘크리트, 위쪽 cell은 공기, 산을 이루는 cell은 흙으로 된 원뿔로 표현하였다. 여기서 공기 cell은 100m 간격으로 나누었다.

2.2. 매질의 조성

서울시의 대기는 공해로 인해 표준건조공기에 비하여 밀도는 높고, 조성도 여러가지 공해물질과 먼지, 수분등이 많이 포함되어 있어 계산에 상당한 영향을 미치리라고 생각되나 이번 계산에는 간단히 하기 위하여 표준건조공기를 사용하였다.

2.2.1. 표준건조공기

밀도

0.001293 g/cm³

질량비

질소 : 0.7818

산소 : 0.2097

아르곤 : 0.0085

2.2.2. 흙(산)

밀도
1.13 g/cm³

질량비
산소 : 0.34
나트륨 : 0.01
마그네슘 : 0.10
알루미늄 : 0.03
실리콘 : 0.18
황 : 0.03
칼슘 : 0.01
철 : 0.29
니켈 : 0.01

2.2.3. 콘크리트(도심바닥)

밀도
2.302 g/cm³

질량비
수소 : 0.023
산소 : 1.22
실리콘 : 0.775
알루미늄 : 0.078
철 : 0.032
칼슘 : 0.1
마그네슘 : 0.005
탄소 : 0.0023
나트륨 : 0.0368
칼륨 : 0.0299

2.3. 선원항

선량을 올바르게 계산하기 위해서는 먼저 정확한 선원항을 알아야 한다. 그러기 위해서는 선원항을 직접 계산해야 하지만 우선 1945년 나가사키에 투하된 Little Boy(플루토늄)에 대해서 계산한 즉발 중성자 선원항, 즉발 감마선원항, 이차감마선원항을 이용하였다.³

2.4. Detector의 위치

플루언스를 구하기 위해 F5(point detector) tally를 사용하였으며 detector의 위치를 정동쪽 방향으로 200m 간격으로 지면에서 150cm(사람의 가슴정도 높이) 높이에 설치하였다.

2.5. 환산인자

플루언스를 선량당량으로 바꾸기 위해 ICRP 51³에 있는 다음의 환산인자를 사용하였다.

1. Dose Equivalent per unit fluence on the principal axis at a depth of 10mm for photons incident in various geometries on the ICRU sphere.
2. Dose Equivalent per unit fluence at depth of 10mm on the principal axis for neutrons incident in a plane parallel beam on the ICRU sphere.

3. 계산결과

그림1과 그림2에 있는 바와 같이 선량의 크기는 가까운 거리일수록 평균자유행로가 작은 즉발 중성자에 의한 선량당량이 즉발 감마선이나 (n, γ) 반응에서 나오는 감마선에 의한 선량당량보다 크며, 거리가 멀어질수록 감마선에 의한 효과가 더 크게 나타남을 알 수 있다. 그리고 크기에서 알 수 있듯이, 1Sv 이하에서는 거의 영향이 없기 때문에 대략 1.5km 이후에는 초기방사선에 의한 효과가 없음을 알 수 있다.

그러나 즉발이차감마선(prompt secondary photon)의 경우 2350m 거리에서 갑자기 크기가 커진 것을 볼 수 있는 데, 이것은 F5 tally를 사용할 경우 detector 주변에 산란이 많이 일어나는 매질이 있을 경우에 오차가 급격히 증가하기 때문이다. 이 모델에서는 2350m에 위치한 detector 근처에 납산이 있기 때문인 것으로 생각된다.

4. 앞으로의 연구 방향

이번 계산에서는 여러가지 방사선원중 즉발중성자, 즉발감마선, (n, γ) 에 의한 감마선에서 나오는 선량만을 계산하였다. 그러나 모델의 크기 자체가 너무 크고 대칭이 아니기 때문에 MCNP 계산을 위해 cell을 분할하는 데 어려움이 있고, F5 tally를 사용하는데 지정할 수 있는 detector의 수에 제한이 따른다. 또한 주요 매질이 공기라고는 하지만 규모가 너무 크기때문에 history수를 많이 주어야 하고, 계산시간도 오래걸린다. 따라서 앞으로는 방법을 개선하고 실제상황에 가까운 모델링을 하여 좀 더 정확한 계산을 하려고 한다.

5. 참고문헌

1. "US-Japan Joint Reassessment of Atomic Bomb Radiation Dosimetry in

- Hiroshima and Nagasaki", Radiation Effects Research Foundation, vol.1, 1987.
2. S. Glasstone, P. J. Dolan, "The Effects of Nuclear Weapons," 3rd ed., US Department of Defense and Energy Research and Development Administration, Washinton, DC (1977).
 3. International Commission on Radilological Protection, "Data for Use in Protection Against External Radiation," ICRP Publication 51, Pergamon Press, Oxford, 1987.

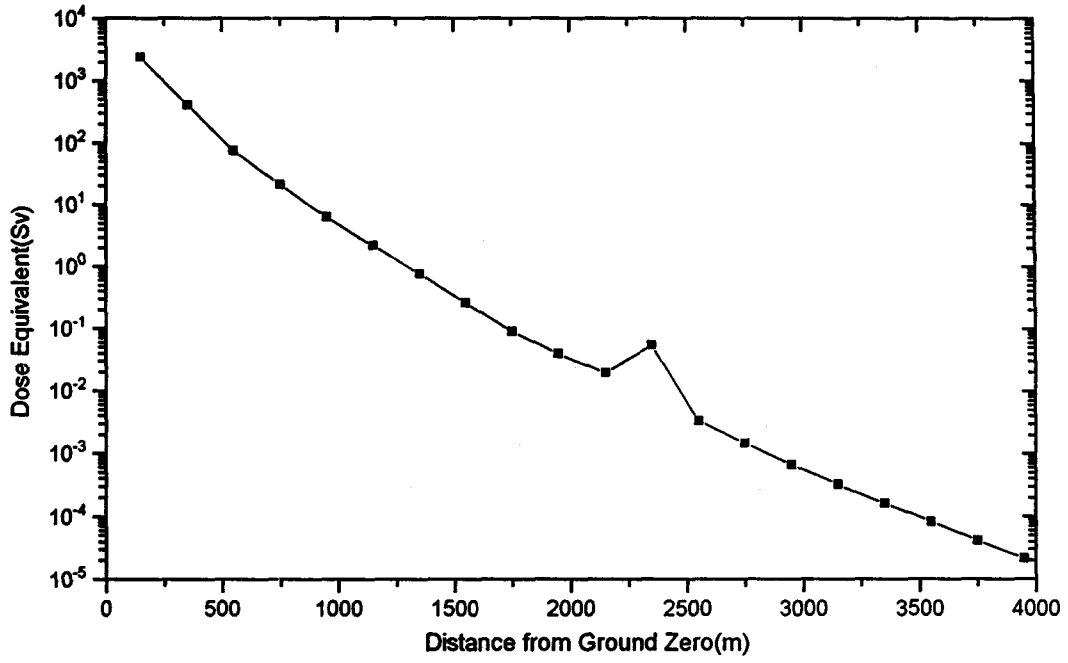


Fig.1. Dose Equivalent for 22kT at Various Distances

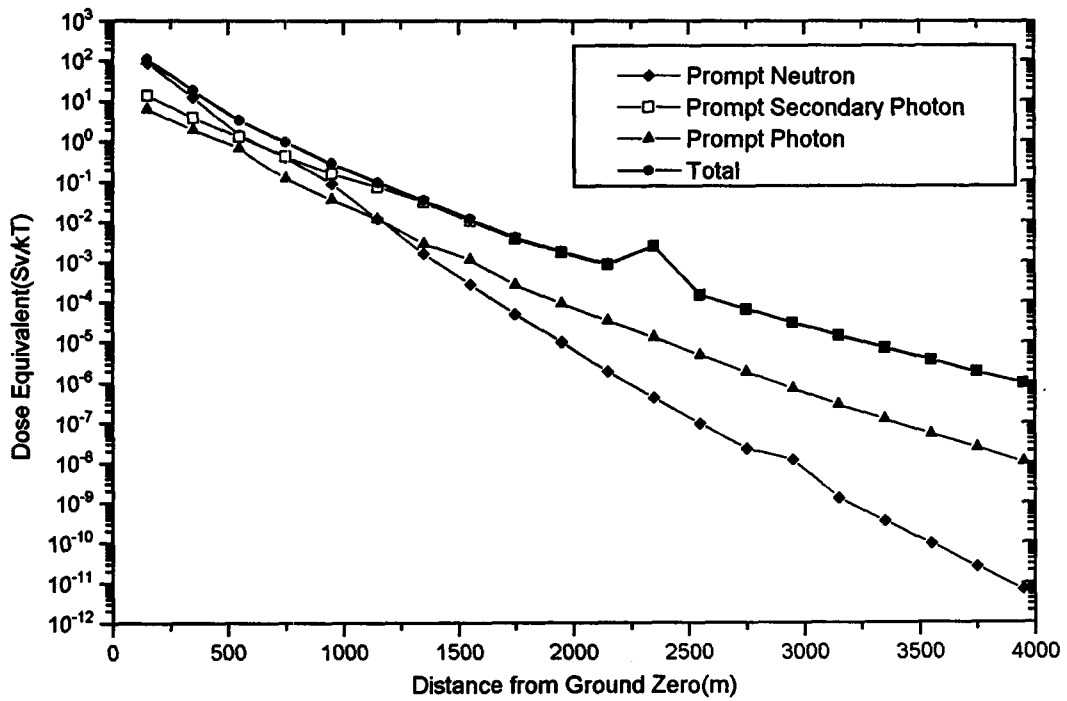


Fig.2. Dose Equivalent per kT at Various Distances