

MCNPX 코드를 이용한 감마선원과 차폐의 다양한 조건하에서 선량계산 프로그램 개발

김원직, 박재우

제주대학교, 제주도 제주시 아라1동

wonjiik2@jeju.ac.kr

1. 서론

우리나라에서는 원자력 산업과 의료산업 및 농업 분야 등에서 방사성동위원소의 이용 및 취급이 증대되고 있다. 이러한 방사성동위원소의 이용 및 취급이 증대됨에 따라, 취급자 및 방사선 작업장에 노출된 종사자들의 피폭 또한 증가될 것으로 예상된다. 체외피폭이 중요시 되는 방사성동위원소의 이용의 경우 방사선피폭을 절감하기 위해서 작업시간의 단축, 선원과의 거리, 차폐에 의한 제어가 요구되어 진다.

본 연구에서는 대표되는 선원의 형태로서 점선원과 실린더선원의 경우에 대하여 차폐체의 종류(콘크리트와 납)와 두께를 각각 다르게 설정하여 선원과의 거리에 대한 선량을 MCNPX 전산해석 코드로 계산하였다. MCNPX 계산값에 대한 유사성을 비교하기 위해, 제주대학교 방사선응용과학연구소의 ⁶⁰Co 선원을 이용하여 차폐조건을 달리 하며 선량을 측정하여 MCNPX 계산값과 비교하였다. 이러한 과정을 통해 확인된 MCNPX 계산값은 Fitting 과정을 통하여 각 경우에 대한 함수값을 산출하였다. 최종적으로 LabVIEW를 이용, 차폐체의 종류와 두께, 그리고 선원의 종류와 방사능 및 측정거리에 따라 달라지는 공기흡수선량의 값을 출력하는 선량계산 프로그램을 개발하였다.

2. 본론

2.1 개요

본 연구에서는 다양한 방사선 환경에서 원하는 지점에 선량을 측정하는 선량계산 프로그램을 개발하는데 목적이 있다. 체내피폭이 주의되는 방사성동위원소의 경우 그 흡입 메카니즘이 복잡하지만, 체외 피폭의 경우 작업시간의 단축과 차폐, 선원과의 거리로서 충분히 제어가 가능하다.

이 중에서 차폐의 경우에 차폐체의 종류 및 두께에 따라 측정지점에서의 선량은 큰 차이를 보

인다. 선량을 계산하는 방법에는 수기적 계산이나 실제로 실측하는 경우가 있으나 이러한 다양한 조건을 모두 실험하기란 시간적으로나 금전적으로 경제적이지 못하다. 따라서 본 연구에서는 MCNPX 전산해석코드를 이용하여 다양한 방사선장 환경을 설계하여 유효한 MCNPX 값을 구하고, 유사성을 비교하기 위해 제주대학교 방사선응용연구소에 있는 ⁶⁰Co 선원을 대상으로 MCNP X와 동일한 조건으로 설계한 실험에서의 실측값과 비교해 보았다. 유사성을 확인한 MCNPX값은 Origin에서 제공하는 Fitting 과정을 통하여 MCNPX값을 함수화 하였다. 구하여진 함수값은 LabVIEW에서 제공하는 Formula Node 라는 Structure를 이용하여 손쉽게 계산할 수 있다. 이 때, MCNPX값은 방사능과 거리를 고려하지 않았으므로, LabVIEW의 입력패널을 통해 입력이 가능하게 하고, Formula Node Structure를 통해 최종적으로 공기흡수선량을 출력하게 하였다.

2.2 결과

2.2.1 실험을 통한 선량 값과 MCNPX코드를 통한 선량 값의 정규화 분포

두께 16.5cm의 콘크리트 차폐체를 사용하였을 때 선량측정결과와 MCNPX 계산결과의 정규화 분포를 비교하였고, 두께 10cm의 납 차폐체를 사용하였을 때 선량측정결과와 MCNPX 계산결과의 정규화 분포를 비교하였더니, 선량측정결과와 MCNPX 계산결과의 정규화 분포가 유사한 형태임을 알 수 있었다. 따라서 MCNPX 계산결과를 신뢰할 수 있으므로 이 MCNPX 계산결과로 함수를 도출한다.

2.2.2 각 경우에 따른 함수값

[Table.1.]은 실린더 선원일 때 각 차폐체의 두께에 따른 함수값을 산출한 것이고, [Table. 2.]는 점선원일 때, 각 차폐체의 두께에 따른 함수값을 산출한 것이다.

Table 1. Cylinder source, each of shielding, calculate fuction value

Cylinder source					
concrete			lead		
T=5.5	Y ₀	3.21E-08	T=5	Y ₀	-2.44E-09
	A ₀	1.39E-06		A ₀	8.58E-08
	t ₁	40.94		t ₁	69.6
T=11	Y ₀	4.50E-08	T=10	Y ₀	1.75E-09
	A ₀	1.16E-06		A ₀	6.49E-07
	t ₁	28.24		t ₁	6.80
T=16.5	Y ₀	3.12E-08	T=15	Y ₀	3.01E-10
	A ₀	2.48E-06		A ₀	2.98E-07
	t ₁	16.88		t ₁	8.43
T=22	Y ₀	1.11E-08	T=20	Y ₀	1.03E-10
	A ₀	1.40E-06		A ₀	7.31E-08
	t ₁	20.40		t ₁	11.94
T=27.5	Y ₀	7.80E-09			
	A ₀	3.48E-06			
	t ₁	15.23			

Table 2. Point source, each of shielding, calculate fuction value

Point source					
concrete			lead		
T=5.5	Y ₀	4.34E-08	T=5	Y ₀	-2.43E-09
	A ₀	1.45E-06		A ₀	8.56E-08
	t ₁	38.43		t ₁	69.72
T=11	Y ₀	4.45E-08	T=10	Y ₀	1.75E-09
	A ₀	9.81E-07		A ₀	3.11E-07
	t ₁	28.07		t ₁	6.80
T=16.5	Y ₀	3.13E-08	T=15	Y ₀	3.02E-10
	A ₀	1.39E-06		A ₀	9.13E-08
	t ₁	16.76		t ₁	8.43
T=22	Y ₀	1.56E-08	T=20	Y ₀	1.04E-10
	A ₀	1.25E-06		A ₀	2.09E-08
	t ₁	15.31		t ₁	11.92
T=27.5	Y ₀	7.59E-09			
	A ₀	9.49E-07			
	t ₁	15.25			

이 산출 값들은

$$y = Y_0 + A_0 e^{-\frac{1}{t_1}x} \dots\dots\dots (1)$$

에 대입한다.

2.2.3 LabVIEW를 이용한 선량계산프로그램 제작 [Fig.1.]은 LabVIEW로 제작한 선량계산프로그램의 화면이다. 선원의 종류와 차폐체의 종류, 차폐체의 두께는 선택형태널로 구성, 현재 함수를 가지고 있는 조건에 대해서만 선택이 가능하게 하였고, 현재 방사능과 선원과의 거리에 대해서 다양한 방사선장의 접목이 가능하게 구성하였다. 방사능과 선원과의 거리에 대한 입력을 통해 최종적으로 공기흡수선량을 계산 할 수 있다.

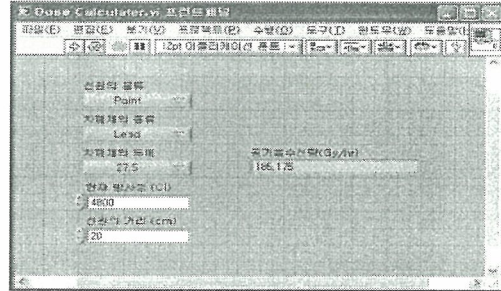


Fig. 1. Dose rate calculation program made with LabVIEW

3. 결론

본 연구에서 MCNPX값과 실측값이 차폐체의 종류와 두께에 상관없이 모두 유사성을 가졌다. 하지만, 각 차폐체 두께에 대한 거리별 MCNPX 계산값을 비교했을 때, 콘크리트는 두께에 따른 분포를 쉽게 분석할 수 있었지만, 납의 경우 두께에 따르는 현상의 해석에 난해함을 가진다. 이는 실험 및 MCNPX 설계에서 콘크리트는 감마선에 대하여 반가층에 가까운 두께만큼 늘어남에 반해, 납의 경우 감마선에 대한 반가층의 약 5배에 해당하는 두께를 늘렸기 때문이라고 생각된다. 따라서 콘크리트와 같이 반가층에 가까운 크기만큼 차폐체를 증가시키면 차폐체의 두께에 따른 확실한 차이를 확인할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 ⁶⁰Co에 한정된 선원으로 차폐해석을 한 한계를 가지고 있다. 실제로 다양한 방사선장 환경에 사용되기 위해서 고려되지 못한 조건들을 추가하여 실제 작업장에서 사용에 제약을 없애야 할 것이다.

4. 감사의 글

이 연구는 교육과학기술부 한국연구재단 원자력인력양성사업 NtUss 원자력대학생논문연구회의 지원을 받아 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] 김용호, 碩士學位論文, “MCNPX 코드를 이용한 감마선 조사실의 방사선량 분포 계산”, 2008
- [2] Denise B. Pelowitz, editor, “MCNPX™-USER’S MANUAL (I)”, 2005
- [3] 박홍복, “LabVIEW7.0 입문”, p16-17, 2004