

매질 내 선원깊이 및 방사능 동시결정 기술개발

지영용*, 김창종, 정근호, 이완로, 최근식, 강문자

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*yyji@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력시설의 해체나 원자력사고에 의한 방사성 낙진 등에서 어떤 방사능오염이 존재하는 매질 내 최대 방사능농도의 깊이를 찾거나 매질 내 실제 파묻힌 미지의 방사성동위원소 자체의 깊이를 알아내기 위해 이동형 방사선검출기를 이용한 현장 감마 분광분석을 수행하고 있다. 이때, 매질 내 선원 깊이의 계산은 주로 Al-Ghamdi 등이 개발한 간단한 알고리즘[1]으로 가능하지만 이 방법은 깊이를 계산하기 위한 알고리즘으로써 찾아낸 깊이에 있는 방사성물질의 방사능 값에 대한 정보는 주지 못한다. 따라서 선원의 방사능을 결정하기 위해서는 또 다른 현장분석 프로그램을 활용해야 하는 단점이 있다. ISOCS 등의 현장분석 프로그램은 전적으로 수입에 의존하고 있으며, 고가의 비용지불뿐만 아니라, 정확한 측정값을 구하기 위해서는 해당 프로그램 운영에 대한 전문적인 지식이 반드시 동반되어야 하며, 이는 필연적으로 시간 및 비용적인 단점을 초래한다.

본 연구에서는 Al-Ghamdi의 알고리즘을 수정 보완한 새로운 알고리즘으로 선원의 깊이를 찾아내고 이 결과를 활용하여 별도의 소프트웨어 없이 선원의 방사능을 값을 계산해 내는 방법 및 프로그램 [2]을 제시하였다. 그리고 선원깊이를 찾아내고 방사능을 계산하는 모든 절차를 익숙한 엑셀 프로그램 베이스에서 구현되도록 함으로써 누구나 쉽게 활용하고자 하였다.

2. 본론

2.1 Al-Ghamdi 이론

방사성물질의 매질 내 깊이를 찾아내기 위한 Al-Ghamdi의 알고리즘은 Fig. 1과 같이 매질 내 어떤 깊이에 방사성물질이 있을 때, 이론적으로 계산되는 두 검출기 높이에서의 방사선플루언스 비와 실제 방사선검출기로 측정된 계수율의 비는 원칙적으로 같다는 원리에서 출발한다. 일반적으로 방사선플루언스는 선원과 검출기 유효중심까지의 거리와 감쇄인자에 의존한다. 그러나 선원에서 검출기

까지의 감쇄인자는 매질 및 공기층에 의한 방사선 감쇄로 나눌 수 있지만, 공기층에 의한 감쇄는 매질에 비해 거의 무시 가능하므로 방사선플루언스의 비는 식 (1)과 같이 거리만의 함수로 나타낼 수 있다.

$$\frac{cps_1}{cps_2} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \approx \frac{(d+l_2)^2}{(d+l_1)^2} = \frac{(d+h_2+c)^2}{(d+h_1+c)^2} \quad (1)$$

여기서, d는 매질 내 선원깊이, h는 매질표면으로부터 검출기까지의 거리, c는 검출기 유효중심거리 그리고 l은 매질표면으로부터 검출기 유효중심까지의 거리를 각각 의미한다.

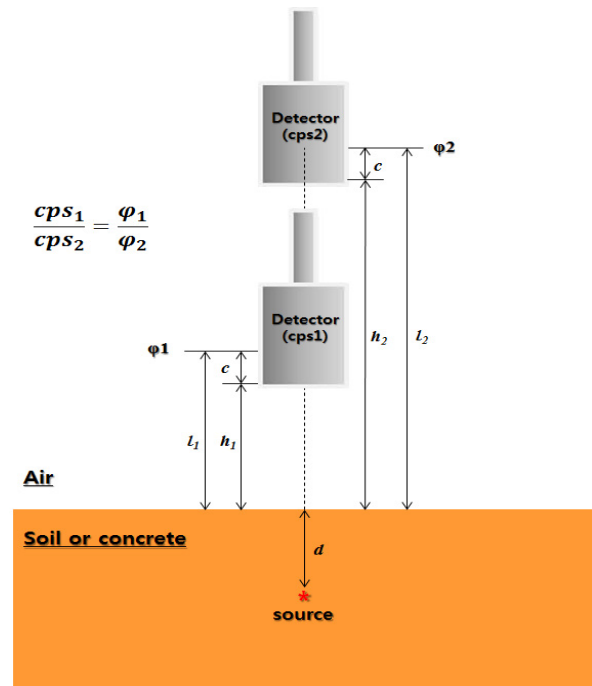


Fig. 1. The geometry between a source and a detector.

2.2 선원깊이 및 방사능 동시 계산방법

Al-Ghamdi 방법은 사용하는 검출기마다 입사면에서부터의 유효중심 거리를 실험적으로 구해 알고 있어야 하며, 식 (1)에서 위치함수가 2차항의 비이기 때문에 거리측정의 작은 오차라 할지라도 그 의존성은 크게 나타나 결과에 영향을 주게 된다. 따라서 본 연구에서는 계측기 높이에서의 방사

선플루언스를 직접 이용하는 방법을 택했으며, MCNP 코드를 이용하여 매질 내 핵종들의 깊이별 그리고 검출기 높이별로 방사선플루언스를 계산하여 데이터베이스화 하였다. 그리고 이를 엑셀 VBA(visual basic application)를 이용하여 매질 내 가상의 선원깊이를 변화시켜가며 두 검출기 높이에서의 플루언스비가 해당 높이에서의 계수율비와 같아지는 지점을 찾을 수 있도록 설계하였다. 이때 단순히 스크롤바를 이용하여 가상의 선원깊이를 변경시켜가며 두 값의 비를 확인할 수 있도록 하였으며, 비가 서로 같아지는 지점이 매질 내 선원의 깊이가 된다.

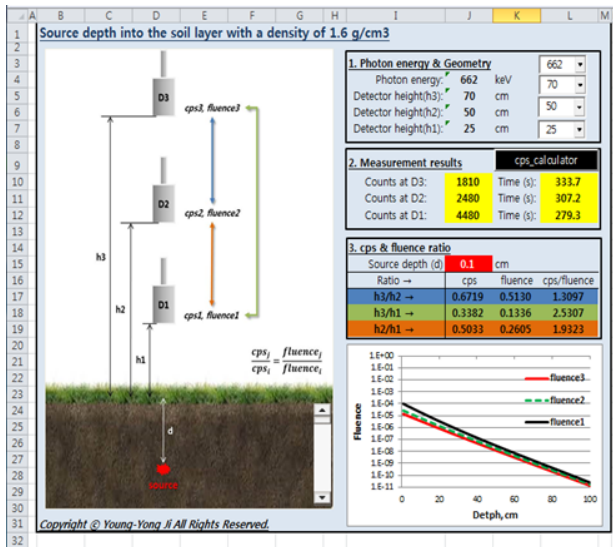


Fig. 2. The determination of the source depth using the Excel VBA.

위와 같이 방사선플루언스를 이용하여 선원깊이를 구하는 방법은 해당 깊이에서부터 검출기까지의 플루언스를 알게 되므로 방사성핵종의 방사능을 결정할 수 있는 정보를 제공하게 된다. 즉, 결정된 선원깊이에서의 방사선플루언스 값으로부터 식 (2)를 이용하여 직접 방사능을 계산할 수 있다.

$$\frac{N}{\gamma} = \left(\frac{N}{N_0} \right) \left(\frac{N_0}{\phi} \right) \left(\frac{\phi}{\gamma} \right) \quad (2)$$

여기서, (ϕ/γ) 는 매질 내 선원으로부터 방출되는 방사선당 검출기 높이에서의 플루언스로서 Fig. 1에서 결정된 깊이에 따라 계산되도록 프로그램을 설계하였다. (N_0/ϕ) 는 검출기 축에 평행하게 입사하는 방사선에 대한 검출기의 반응함수로서 MCNP 코드 등을 이용하여 이론적으로 계산하였으며, 방사선에너지에 따라 결과가 도출되도록 프로그래밍

하였다. (N/N_0) 는 실제 검출기로 입사하는 플루언스의 각도에 대한 보정항으로 매질 내 방사성핵종이 점선원인 경우 거의 1에 가까우며, 충분히 큰 면적의 선원이라 할지라도 검출기 주변을 콜리메이터를 이용하여 차폐하면 검출기로 입사하는 플루언스의 각도 보정항은 역시 1에 가깝게 된다. 그리고 (N/γ) 는 이론적인 교정함수로서 매질 내 방사성핵종으로부터 방출되는 단위 감마선당 검출기 높이에서의 계수율을 의미하며, 선원의 깊이가 정해지면 개발된 프로그램에서 자동 계산되도록 설계하였다.

3. 결론

원자력시설의 해체나 사고대응을 위해 어떤 방사능오염이 존재하는 매질 내 최대 방사능농도의 깊이를 찾거나 매질 내 실제 파묻힌 미지의 방사성 동위원소 자체의 깊이를 간단히 찾아낼 수 있는 프로그램을 개발하였다. 이는 고가의 현장감마분석 프로그램의 도움 없이 MCNP 코드를 이용한 방사선플루언스 계산결과를 DB화하고 사용한 계측기의 반응함수를 이용하는 방법으로 실제 측정된 고도별 계수율 값만으로 간단히 방사성핵종의 깊이와 방사능을 계산할 수 있다. 그리고 깊이를 찾아내고 방사능을 계산하는 모든 절차를 엑셀프로그램 베이스에서 구현함으로써 방사능 계산과 프로그램 운영에 대한 전문지식이 없어도 누구나 쉽게 활용할 수 있다.

4. 참고문헌

- [1] Al-Ghamdi, A. and Xu, X.G., Health Phys., 84(5), 632-636, (2003).
- [2] Ji, Y.Y. et al., Korea Copyright Commission, C-2014-028247, (2014).