

표면방사선 오염도 측정용 자동 스미어장치의 개발

(Development of Automatic Smear Equipment for Measuring Surface Radioactivity Contamination)

탁 한 호*, 강 신 출**

(Han Ho Tack and Shin Chool Kang)

요 약 본 논문은 원자력시설내의 방사성 표면오염을 측정평가하기 위한 표면오염도 시료채취용 자동화 시료채취기 개발에 있다. 시료채취를 위한 간접법은 사람에 의한 수동적인 시료 채취방법으로서 시료를 채취하는 사람에 따라 문지르는 횟수, 강도 및 면적이 다르다. 이로 인하여 표면오염도 측정치의 정확도가 저하되고 시료 채취시마다 측정치의 오차가 많이 발생한다. 개발된 장치에 의한 방법은 기존방법에 의한 표면오염도의 측정치보다 smear paper의 방사성 시료가 균일하게 채취됨을 확인하였으며, 향후 표면오염도의 평가시 측정자료의 일관성을 확보하게 되었다.

핵심주제어 : 방사성, 표면오염도, 자동화, 시료채취기.

Abstract This paper was development of surface contamination automatic smear sampling for measuring radioactive contamination in radiation controlled area of nuclear facility. In indirect method a smear paper are used manually. Activity on the smear paper is affected by varying the pressures applied, by the smearing time, by the difference of ares sampled during smearing. By means of these there are erroneous. In the future the apparatus will be developed as a portable apparatus measuring smear activity automatically by adding radiation detection instrument.

Key Words : radioactivity, surface contamination, automatic, smear sampler.

1. 서 론

우리나라의 원자력 도입은 국제적 상황에서 이루어진 것으로 1956년 미국과 원자력의 민간 이용에 관한 한미협정을 체결하고, 1958년 제너럴 아토믹(General Atomic)사의 100kW 출력의 연구용 원자로 TRIGA MARK II 구입계약을 체결하였으며, 1959년 이 시설을 운영할 기관으로 원자력연구소가 설립되었다. 원자

력원은 1959년에 이미 미래의 에너지 수급을 위해 원전의 건설이 필수적이라는 보고서를 내기도 했다 [9][10].

1970년대 두 번에 걸쳐 발생했던 석유파동으로 국내 원전건설이 본격화되었으며, 국내의 인권상황이 시발점이 된 한미간의 갈등은 국내 원자력이 미국 중심에서 벗어나 프랑스와 캐나다 등으로 교류를 확대하는 계기가 되었다. 1990년에 들어서 축적된 경험과 지속적인 자체 기술개발의 노력으로, 원전 관련기술의 대부분을 자립화하는데 성공했다. 현재 우리나라는 16

* 경남과학기술대학교 전자공학과, 제1저자

** 경남도립남해대학 전기과, 교신저자

기의 원전을 보유하고 있으며, 전력의 약 40%를 원자력으로 공급하고 있다. 그리고 베트남, 중국 등과 원전 수출을 위한 협상이 진행되고 있다. 하지만 국내 원자력계의 눈부신 성장에도 불구하고, 그 동안의 지나친 발전중심의 원자력 운용으로 인해 우리나라는 세계의 원자력 시장의 조류에 능동적으로 적응하는데 실패했다. 1979년의 쓰리마일 사고와 1986년의 체르노빌 참사 이후, 세계의 선진 원자력계는 발전중심에서 벗어나 원자력의 산업적, 의학적, 농업적 응용 등으로 활용영역을 확대하는 새로운 노력을 지속적으로 경주해왔다.

원자력발전소의 방사선 관리구역 내부 바닥면의 제거성 방사성 오염물질의 검출 및 측정을 위해서는 사람이 직접 손으로 smear paper(직경: 5cm, 두께: 0.1mm)를 이용하여 일정면적(100cm²)을 문질러 시료를 주 1회 채취하여 측정한다. 이 경우 작업자가 정확한 시료채취를 위해 smear paper를 직접 손가락에 힘을 주어 문지르며, 이에 수반되는 힘의 강도, 시료의 채취면적, smear paper에 닿는 손가락의 면적, 문지르는 횟수 등에 따라 smear paper로 전이되는 비율이 다르며, 여러 가지 시료채취 오차가 발생되고 있다. 또한 작업자가 직접적으로 방사능에 노출되어 방사능 오염이 발생될 우려가 높으며, 원자력 발전소의 방사선 관리구역의 경우 채취지점이 수십 곳이 넘기 때문에 많은 시간과 인력이 요구된다[10].

본 연구에서는 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 표면오염도 측정용 자동 smear paper 장치를 개발하여 제거성 표면오염도 측정을 위한 시료채취 방법의 표준화 및 자동화를 달성하였다. 그리고 본 개발장비를 이용한 시료채취시 기존의 수작업에 의한 시료채취시에 발생하는 개인오차를 제거할 수 있어 전이율 측정에 대한 신뢰도를 확보할 수 있었다.

2. 국내·외 연구동향 및 연구의 범위

2.1 국내외 기술현황 및 문제점

국내의 원자력발전소의 방사선 관리구역 내부 바닥면의 제거성 방사성 오염물질은 오염된 표면으로부터 외부피폭과 바닥면인 표면에서 유리되는 것으로 인해

로 섭취되어 인체내부 피폭을 일으킬 수 있다. 그러나 표면오염 측정의 필요성은 인식되어 왔으나 실제 자동화나 기계를 이용하는 방법의 연구나 개발보다는 사람이 직접 smear paper를 이용하여 시료를 채취하고 있는 실정으로 이러한 방법에 의한 시료채취의 경우 일관성이 결여되며, 또한 시료채취 중 사람이 피폭에 오염될 수 있는 문제가 있다[7].

현재의 방법은 손가락으로 smear paper를 누르는 힘과 문지르는 smear면적(바닥 : 100cm², 오염물질 : 300cm²)이 개인마다 크게 다르며, 전이율의 측정에 필요한 smear 방법의 표준화가 불가능하여 표면오염도 평가자료의 신뢰도가 저하된다. 또한 규제기관(KINS)이 기본 전이율과 실험적 전이율 중 선택적 적용을 요구하고 있으며, 만약 보수적인 기본 전이율(10%)을 적용할 경우 실제보다 오염도가 과대 평가되어 방사선 관리구역의 바닥 제염 비용이 증가되고, 국가 및 사업소마다 상이한 전이율 적용으로 표면오염도 측정자료의 비교평가가 불가능하다. 그리고 smear 샘플 채취시 문제점으로는 바닥 방사성물질의 비산으로 인해 내부 피폭의 발생이 우려되고, smear paper의 교차오염 발생이 가능하며, 또한 방사선관리구역의 바닥오염도 측정시료가 주류를 이루며(일일 : 15개소, 주간 : 63개소), 표 1은 국내외 전이율 적용범위를 나타낸다.

<표 1> 전이율 적용범위

	국 내			국 외	
	영광1	영광2/월성1,2	고리/울진	미국	일본
과거	25%	10%	미적용	10%	50%
현재	10% (KINS의 권고)				

현재 운영중인 원자력발전소 같은 시설에서는 주변의 방사성에 의한 영향으로 간접법인 smear paper를 이용하여 표면오염을 측정평가하고 있는 실정으로 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 표면의 고착성 방사성 오염물질의 시료를 채취할 때 균일한 채취를 위한 기계적 장치가 요구된다. 그러나 국내외 적으로 시료채취를 위한 기계적인 장치의 개발은 시도된 바가 있으나 휴대의 불편으로 인해 사용은 하지 않는 것으로 사료된다.

2.2 연구의 범위

표면의 고착성 방사성 오염물질의 시료를 채취할 때 균일한 채취를 위한 기계적 장치를 개발하기 위한 것으로 기존의 수작업에 의한 시료채취시에 발생하는 개인오차를 제거할 수 있으며, 전이율 측정에 대한 신뢰도를 확보할 수 있을 것으로 사료고, 다음과 같은 방법으로 장치를 개발하였다.

- (1) 스메어장치 기본설계
 - smear paper 연속공급 및 흡착방법
 - smear paper holder 설계
 - 스메어 구동장치(일정면적) 개발 및 설계
 - 교차오염 방지장치 설계
 - 연속공급 및 저장장치 개발 및 설계
- (2) firmware program 개발
- (3) firmware 구동 및 제어장치 개발
- (4) 자동 스메어장치 상세설계
- (5) 시제품 제작 및 성능시험(전이율 test)

3. 표면 오염도의 측정 및 평가 방법

3.1 표면오염도 측정 방법

3.1.1 측정의 목적 및 종류

표면 방사성오염의 측정목적은 선원의 취급 및 관리의 잘못으로 인한 방사성물질의 이탈금지과 작업자가 선량한도를 초과 피폭되지 않도록 정보를 제공하는데 있으며, 표면방사성오염의 관리는 작업이나 상황에 따라 작업환경의 오염검사, 특수 작업에 대한 오염검사, 신체, 작업복, 반출물품의 오염검사가 있다[2].

1) 작업환경의 정기오염검사

작업환경 전반에 걸친 관리의 양호여부를 조사하며, 측정지점은 실험실의 출입구, 관리구역의 출입구, 계단의 승강구, 통로, 실험실의 후드 주변 등이다. 또한 정기오염검사의 빈도로 오염이 수시로 발생하는 장소는 주 1회, 오염이 거의 발생하지 않는 장소는 월 1회 검사한다. 오염의 조기발견을 위한 측정대상은 출입구의 매트, 자루걸레, 작업화 등이다.

2) 특수 작업에 대한 오염 검사

특수 작업시 검사내용은 취급물품과 작업환경의 오염검사이다. 이때 평가내용은 작업방법의 검토, 공기오염 정도 추정, 방호마스크 선정, 방어수단 결정, 공기오염 모니터링의 필요성 유무 판단이다.

3) 신체, 작업복 및 반출품의 오염검사

관리구역에서 나오는 자 및 물품을 반출할 때 오염검사는 관리 구역내 표면오염검출의 보조적 수단으로 효과적이다. 또한 오염확산 방지를 위한 방법이며, 반출품은 간접법(smear법)과 직접법(survey법)을 병용한다.

작업환경의 표면오염의 측정결과는 일반적으로 작업자의 피폭선량과 작업환경내의 공기오염농도의 정량적인 것과 결부된다. 그러므로 이 검사는 작업환경의 관리여부를 판단하기 위하여 매우 유효한 수단이다. 표면오염 모니터링은 비밀봉 방사성핵종을 취급하는 시설에서는 방사선 관리상 중요한 역할을 점유하고 있다.

표면오염의 측정에 사용되는 방법으로서의 서베이메타에 의한 방법, 전용 모니터에 의한 방법 및 smear법의 3가지가 있다.

표면오염에는 떨어지기 어려운 오염(fixed contamination, 또는 고착성 오염)과 떨어지기 쉬운 오염(loose contamination, 또는 유리성오염)으로 분류된다. 전자는 체외조사의 선원만 취급하면 되지만, 후자는 움직이는 상공에 공기오염을 일으키므로 인체, 의복에 부착하여 체내오염의 원인이 될 우려가 있다. 서베이메타에 의한 측정에는 양쪽의 모두를 같이 측정하지만 smear법으로는 후자만을 평가하는 것이 된다.

3.1.2 서베이메타에 의한 측정

이 측정은 측정해야 할 표면을 직접 서베이메타로 주사하면서 측정하는 것이다. 공간선량 당량을 측정용 서베이메타의 창뚜껑은 얇아 직접 측정할 수 있으나 대부분의 것은 창뚜껑을 열어서 표면오염검사용에 사용하는 것도 있다. 이런 종류는 표면오염 검사기로서의 특성은 매우 좋지 않은 것이 보통이다.

표면오염검사용 서베이메타의 성능으로서는 다음의 것이 요구된다.

- (1) 창면적이 클 것.
- (2) 알파선 또는 베타선의 검출감도가 높을 것.

(3) 알파선과 베타선의 판별이 가능할 것.

(4) 감마선에 대한 감도가 낮을 것.

표면오염검사용 서베이메타의 눈금은 cpm 단위로 표시되고 이는 것이 많다. 실측치를 표면밀도(Bq/cm²)의 값으로 환산할 필요가 있다.

서베이메타에 의한 표면오염검사에는 좁은 지점에 오염된 것을 smear법으로는 채취가 어려운 것이거나 스폿(spot)상의 오염 등은 채취될 가능성이 높으므로 검출이 가능하며, 또한 주사에 의해서 오염이 넓은 범위를 조사하는 데는 smear법보다 편리하다. 그러나 오염장소의 공간선량율이 높은 경우에는 사용할 수 없는 큰 결점이 있다.

서베이메타의 사용시 일반적으로 시성주 시간의 3 배 이상 검출기를 정지해서 지시치를 판독하지 않으면 안된다. 알파선이나 저에너지 베타선을 검사하는 경우에는 검출기의 창 등에 의한 흡수를 고려하지 않으면 오염밀도를 과소평가하게 된다.

바닥 오염검출전용인 바닥감시기는 바퀴가 부착되어 움직이기 쉽다. 관벽형의 GM계수관, 대면적 단창형 GM계수관 혹은 비례계수관을 검출기로 사용하며, 하부 샷다의 개폐에 의해 알파선, 베타선을 감마선으로부터 분리하여 구별하는 것이 가능하다. 시정수를 고려해서 천천히 이동하여 측정하지 않으면 안된다.

3.1.3 손발오염감시기

작업중에 수시, 손, 의복 등의 표면오염검사를 할 때에는 표면오염 측정용의 서베이메타가 사용된다. 작업자가 많을 경우에는 출구에 고정식의 손발오염감시기(양손, 양발, 의복의 오염감시)를 설치되어야 하며 계수치가 일정한 수준을 넘으면 경보를 발하게 된다.

검출기로서는 베타선, 감마선에 대해서는 GM계수관이 알파선에 대해서는 ZnS(Ag)섬광계수관 혹은 가스 유입형 비례계수관을 사용하는 것이 많다. 또한 대규모 시설에 있어서 관리구역의 출구에는 신체표면 전체에 걸쳐 오염검사가 가능한 전신오염감시기가 설치되어 있다.

손발오염감시기로 행해지는 신체, 의복, 작업화 등의 오염검사는 작업환경의 표면 오염의 검출 보조수단으로서 큰 효과가 있다.

3.1.4 smear법에 의한 측정

smear법이란 직경 2~2.5cm의 여과지로 물체의 표면을 약 100cm² 면적만 채취하여 여과지에 부착된 방사성핵종의 방사능을 측정하여 표면오염을 조사하는 방법이다. 여과지로서는 smear paper라 불리우는 표면오염을 채취하기 쉬운 여과지(화학분석용 여과지 등을 직경 25mm로 잘라서 만든 것)를 사용하기도 하고, 직경 5cm 정도의 얇은 원판을 사용한 것이 있다.

검사하는 물체의 표면을 여과지가 파손되지 않는 정도로 강하게 문질러서 직경 2~2.5cm의 원내에 각각 일정한 오염이 부착되도록 한다. smear paper에 동일한 표면오염밀도로 채취해도 표면재료, 오염물질의 상태, 시료의 채취방법 등에 의해 여과지에 부착되는 방사능은 다르다.

채취효율은 보통의 재료에서 10% 정도, 표면이 원활한 비침투성 재료에서는 50%정도이다. 그러므로 smear법에 의한 표면오염밀도의 측정치로부터 그 절대치를 평가하는 경우에는 채취효율을 고려할 필요가 있다. 채취면적은 원칙적으로 100cm²이지만 오염 발견에 중점을 두는 경우에는 문제가 되는 장소에서 넓은 면적을 채취하는 방식이 효과적이다. 또한 smear법은 시료채취방법으로부터 알 수 있듯이 발취 검사적인 시험방법이다. 그러므로 약간 오염된 경우로 검출된다면 그 주변을 엄밀히 조사하는 것이 원칙이다.

smear paper의 방사능 측정에는 시료가 측정기를 오염시킬 우려가 있는 경우에는 두께 0.5~1mg/cm² 정도의 라이판 또는 마이라의 박막으로 시료를 덮어 둔다. 베타선 측정에는 단창형 GM계수관 또는 Q가스 유입형의 GM계수기가 자주 사용되며, 알파선 측정에는 ZnS(Ag) 섬광계수기 또는 PR 가스형 비례계수기 등이 사용되고 있다. 시료수가 많은 경우에는 자동식 시료교환 방사능측정기가 사용되고 있다.

smear법에 의한 측정과 서베이메타에 의한 측정에는 각각의 장단점이 있지만 일반적으로는 양쪽을 병용하는 것이 요망되며, 방사화학실험실과 같이 바닥, 책상, 표면의 침투성이 원활한 표면재료로서 만들어진 것은 smear의 방법만이 보다 미량의 오염을 발견할 수 있다.

3.2 표면 오염도의 평가방법

3.2.1 평가방법

표면 오염도의 평가방법에는 직접법과 간접법이 있으며, 직접법은 유리성과 고착성에 반응하는 표면오염 측정기나 감시기로 측정한다. 간접법은 유리성 표면 오염도만을 평가하는 것으로 smear paper을 이용하여 평가하는 것이 일반적이고, 접근하기 어려운 때나 오염측정기에 영향을 줄 수 있는 간접 방사선이 있는 곳에서는 일반적으로 적용되나 전이율과 관련된 불확실성 때문에 고착성 오염을 평가할 수 없으며, 유리성 오염을 측정할 때 주로 사용된다. 그리고 표면 오염도를 측정하는 데는 두 가지 목적이 있다. 첫째, 오염의 존재나 오염의 확산여부를 결정하거나 높은 오염지역에서 낮은 오염지역 또는 비오염지역으로의 확산을 관리하기 위한 것이며, 둘째, 허용한도가 초과되었는가를 확인하기 위해 단위면적당의 방사능을 평가하는 것이다. 이러한 목적에 맞도록 직접법 또는 간접법의 적용성 및 신뢰성은 특별한 조건 즉 오염의 물리화학적 형태, 표면 오염의 상태, 표면의 접근성이나 간접 방사선의 존재 등에 따라 다르게 나타난다.

3.2.2 간접법에 의한 평가

측정기의 요건에서 smear 시료의 측정은 차폐되고 펄스를 계수하는 고정계수장치를 사용하여 수행하며, 측정기는 규정된 표면 오염한도 준위 이하의 방사능을 측정할 수 있어야 한다.

1) 시료채취 방법

표면 오염의 평가는 건식이나 습식 채취방법을 사용하며, 넓은 면적에서 smear paper에 의한 시료채취는 다음 사항을 고려하여 오염의 분포를 결정하여야 한다.

- 가능한 smear 면적은 $100m^2$ 로 하고 균일하게 채취하여야 한다.
- 시료를 채취하는 넓은 면적의 평균표면 오염도를 계산하여야 한다.
- smear 재질은 채취되는 표면을 고려하여 선정하여야 하고, 가능한 원형 smear paper를 사용하여야 한다. 예를 들면 부드러운 표면에서는 smear

paper를 사용하며, 거친 표면에 대해서는 솜과 같은 재질을 사용하여야 한다.

- smear 재질을 습하게 하는데 사용되는 액체는 재질에서 스며나와야 한다.
- smear는 손가락 끝 또는 가급적이면 균일하고 일정한 압력을 가할 수 있도록 설계된 기구로 표면을 적당히 눌러야 한다.
- $100cm^2$ 의 면적에서 균일하게 채취되어야 한다.
- smear 시료의 오염된 면적은 검출기의 반응면적과 같거나 작아야 한다.
- 시료를 채취한 후에는 smear 재질의 방사능이 손실되지 않도록 조심스럽게 건조되어야 한다.

2) 측정 절차

smear 시료의 측정은 직접법에 의한 평가에서 기술하는 측정절차에 따라 수행되어야 한다. 시료 채취되는 표면의 유리성 오염은 단위 면적당 베타나 알파의 방사능 A_{sr} 은 Bq/cm^2 단위로 다음 식 (1)과 같다.

$$A_{sr} = \frac{n - n_b}{\epsilon_i F S \epsilon_s} \quad (1)$$

여기서 n 은 초단위의 자연계수율과 표준선원에서 방출되는 총계수율의 합, n_b 는 초단위의 자연계율 ϵ_i 는 알파 또는 베타 방사선에 대한 계측기의 효율, F 는 전이율, S 는 cm^2 의 단위로 smear 되는 면적, ϵ_s 는 오염선원의 효율이다.

3) 전이율

전이율의 실험적 산출방법은 서로 다른 smear paper를 사용하여 같은 지역을 여러번 반복하여 문질러 총 유리성 방사능을 구하고 처음의 smear로 측정된 방사능을 총 유리성 방사능으로 나누어 구하는 "반복 smear에 의한 완전 제거" 방법을 사용하고, 전이율 F 는 다음 식 (2)와 같이 정의하며, A 는 첫 번째 smear로 전이된 방사능, B 는 총 유리성 방사능이다.

$$F = \frac{A}{B} \quad (2)$$

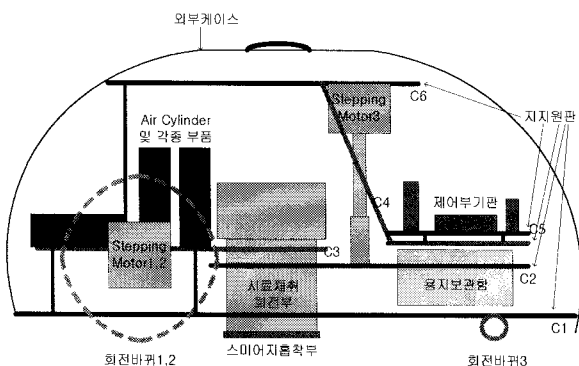
이 경우 분모가 되는 것은 총 유리성 표면오염의

방사능이다. 그러나 법령상의 표면오염은 고착성 및 유리성의 표면오염을 합계한 것으로 적용되므로 고착성 및 유리성의 표면오염이 존재하는 상황에 있어서 표면 오염감시의 결과를 법령상의 한도치와 비교하는 경우는 간접법만이 아닌 직접법도 병행하여 평가할 필요가 있다.

4. 시스템 설계제작 및 성능시험

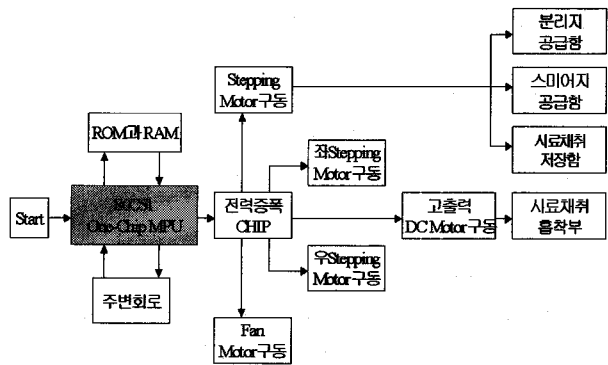
4.1 설계제작

방사성 구역내의 고착성 방사성 오염도를 채취하기 위해 휴대용 자동 방사성 표면오염도 시료채취기는 그림 1과 같이 설계되어 제작되었으며, stepping motor 1, 2는 시료채취 회전부가 회전하면서 시료를 채취하는 동안 시료채취 면적이 정확하게 되도록 Motor 1은 정회전, motor 2는 역회전을 행하거나 정지하여 동작한다. Air cylinder는 시료채취 회전부가 위아래로 움직이도록 하는 역할하며, 시료채취 회전부는 smear paper를 흡착하여 회전하면서 시료를 채취하는 동작과 분리지를 흡착하여 시료보관함에 보관하는 동작을 행한다. stepping 3은 시료채취 회전부가 smear paper와 분리지 및 시료를 채취하도록 정확하게 회전시키는 역할하며, 제어부 기관은 시료채취가 되도록 제어하는 역할을 한다[1][4][6].



<그림 1> 표면오염도 측정용 자동 smear 장치

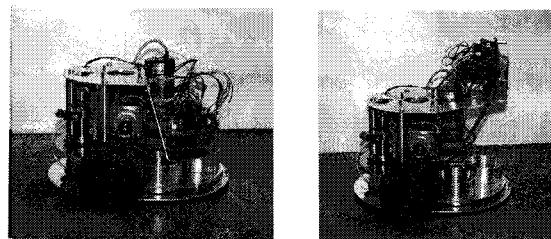
전체 제어부는 그림 2와 같으며, MPU는 8051 One-Chip를 사용하여 제어기를 구성하였고, 그림 3은 실제 제작된 시스템을 나타내고 있다.



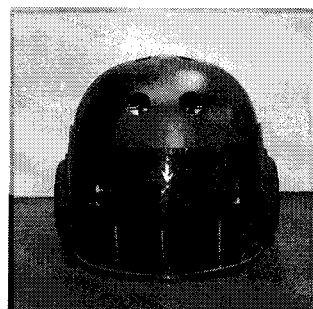
<그림 2> 제어부의 구성도

4.2 성능시험

본 연구에서 설계 제작된 휴대용 자동 방사성 표면 오염 시료채취기로 원자력 발전소의 내부 표면을 smear paper로 시료를 채취하는 실험을 수행한 결과 그림 4와 같으며, (a)는 사람에 의해 종전의 방식과 같이 손가락에 의해 수동으로 시료채취를 채취한 결과로 손가락 자국에만 시료가 채취되고 있음을 보여 주고 있으나, (b)에서와 같이 자동화된 시료채취로 채취한 smear paper 시료는 표면에 대해 균일하게 시료가 채취됨을 보여주었다.

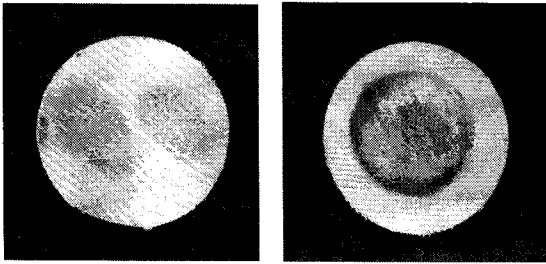


(a) 내부측면



(b) 시스템 외형

<그림 3> 제작된 시스템



(a) 수동시료채취 (b) 자동시료채취

<그림 4> 시료채취 결과

본 실험에서 사람에 의해 수동으로 시료를 채취하는 방법은 사람에 따라 문지르는 횟수, 강도, 면적 및 오염의 위험을 느낌에 따라 표면의 오염이 smear paper로 전이되는 율이 달라져 표면오염도 측정치의 정확도가 저하되고, 시료채취시 마다 측정치의 오차가 많이 발생하여 측정치의 일관성이 결여되며, 오염도가 높은 곳에서는 오염 시료채취시 사람의 손이 오염될 수 있는 사례가 있기 때문에 원전과 같은 대단위 원자력시설에서는 표면오염 검사지점이 수십개 이상으로 시료채취 시간과 노력이 많이 낭비되는 문제점이 있을 수 있다. 그러나 본 연구에서 개발한 자동화 시료채취기에 의한 시료채취가 실행된다면 수작업에 의한 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 균일한 시료채취로 인한 표면오염도 측정치의 정확도 향상과 일관성을 유지하게 되고, 자동으로 시료를 채취하므로 인체의 방사성오염방지와 다량의 시료채취에도 효율성을 증대시키리라 사료된다.

그리고 표 2는 본 연구에서 개발된 시료채취기의 성능을 검증하기 위해 원전의 방사선관리구역내 15개의 표면오염도 측정지점을 대상으로 사람과 시료채취기에 의한 시료채취의 결과를 나타낸 것으로 표면오염도 측정은 α/β 저준위계수기를 사용하였다. 표 2에서 보는 바와 같이 수작업보다 자동화에 의한 측정치가 대부분 지점에서 80%이상 증가됨을 보였다. 이 결과는 시료채취기에 의한 시료채취시 smear paper가 표면에 닿는 면적이 넓고 균일하게 채취되기 때문이고, 오염도가 적은 지점의 측정치의 차이는 방사선구역에서도 표면의 오염도가 차이가 있음을 보여준다.

<표 2> 표면오염도 측정결과

지점	표면오염도(Bq/m^2)	
	수작업	자동화
1	181	335
2	72	133
3	221	420
4	135	236
5	105	181
6	476	924
7	158	231
8	99	183
9	212	386
10	104	205
11	61	117
12	537	970
13	122	229
14	249	450
15	326	601

5. 결론

본 연구에서는 원자력발전소 방사성 관리구역내 바닥 표면오염도 측정시 수행하는 smear test 방법의 표준화 및 자동화를 실현하기 위한 표면오염도 측정용 자동 smear장치를 개발하였다. 앞으로 본 연구에서 제작한 smear장치를 현장에서 사용할 경우 개인오차가 배제된 정확한 전이율 측정이 가능하게 되어 보수적인 전이율(10%) 적용에 따른 오염도 과대평가 방지로 제염비용을 절감할 수 있을 것이다. 또한 불필요한 제염작업으로 인해 발생하는 폐기물 저감은 물론 smear test 시간단축으로 시료채취자의 방사선피폭 저감 및 오염을 방지할 수 있다.

그리고 그 동안 각 사업소마다 전이율을 다르게 적용함으로써 사업소간 오염도 비교평가가 어려웠고 자료의 신뢰성에 문제가 있었으나 전 사업소가 본 개발장비를 이용할 경우 그러한 문제점이 해소될 것으로 판단된다. 뿐만아니라 앞으로 본 개발장치를 응용하여 방사성폐기물드럼 표면오염도 측정 및 고방사선구역의 오염도 원격측정에 확대 적용할 경우 그 효용가치는 매우 클 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] 장성식, 변태영, “원격장치 제어를 위한 임베디드 기술기반의 개인용 커뮤니케이터 설계 및 구현”, 한국산업정보학회 논문지, 제16권 제2호, pp. 99-110, 2011.
- [2] 서범경, 이봉재, 정기정, 노승용, “표면오염 모니터링용 자동 시료채취기 개발”, 대한방사선학회 춘계 학술발표회 논문집, 2002.
- [3] 백윤수, 심재경, 임경호, 황재혁, “기구학”, 희중당, 1996.
- [4] 이왕현, “모터제어기술”, 성안당, 1994.
- [5] 박승만, 허경, 윤준영, “제어용 마이크로컴퓨터 제작과 기술”, 교학사, 1993.
- [6] 김인경, 류정탁, “다기능센서를 이용한 임베디드 홈오토메이션 시스템 개발”, 한국산업정보학회 논문지, 제11권 제5호, 2006.
- [7] NUREG-0770, “Glossary of Terms, Nuclear Power and Radiation”, 1981.
- [8] ISO 7503-1, “International Organization for Standardization. Evaluation of surface contamination-part 1 : beta emitters and alpha emitters”, 1988.
- [9] “U.S Nuclear Regulatory Commission. Health physics surveys for byproduct materials at NRC-licensed processing and manufacturing plants. Regulatory Guide 8.21”, Washington DC; 1979.
- [10] “U.S Nuclear Regulatory Commission. Health physics surveys during enriched uranium-235 processing and fuel fabrication. Regulatory Guide 8.24”, Washington DC; 1979.
- [11] U.S DOE: DOD/EH-0256T Revision 1, “U.S. Department of Energy. Radiological control manual”, Washington DC, 1994.



탁 한 호 (Han Ho Tack)

- 종신회원
- 부경대학교 전기공학과 공학사
- 동아대학교 전자공학과 공학석사
- 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사
- 신일전기<주> 전기기기설계담당
- <주>홍창 부설연구소(연구원)
- University of British Columbia(UBC), Vancouver, CANADA, 교환교수
- 경남과학기술대학교 융합기술공과대학 전자공학과 교수
- 관심분야 : 멀티미디어시스템, 신경회로망, 퍼지시스템, 로봇틱스, 공장자동화, 트랜스포테이션, 기계진동 및 동역학



강 신 출 (Chin Chul Kang)

- 부경대학교 전기공학과 공학사
- 동아대학교 전자공학과 공학석사
- 동아대학교 전자공학과 공학박사
- 한국통신(KT) 전력과장
- 한국폴리텍VII대학 생산자동화과 교수
- 경남도립남해대학 전기과 교수
- 관심분야 : 컴퓨터제어, 퍼지 및 인공지능

논문접수일 : 2011년 10월 10일
 1차수정완료일 : 2011년 11월 08일
 2차수정완료일 : 2011년 12월 06일
 게재확정일 : 2011년 12월 14일