

# 미국 국가동위원소프로그램

## 현황과 향후 성공 전략(The US national isotope program: Current status and strategy for future success) (Appl. Rad. Iso. 63(2005) 157) 번역문

번역 : 김재홍, 전권수  
원자력의학원

### 요약

미국에서 안정동위원소와 방사성동위원소가 도입된 1940년대 이후부터 평화적 이용은 계속 확대되어 왔다. 오늘날 새로운 진단 및 치료용 동위원소는 개발되지 않고 있으며, 국가 안보에 필요한 동위원소는 공급이 모자라고 자국의 안보에 필요한 동위원소는 수요가 공급을 초과하고 있다. 국내와 국외 모두 상용으로 공급하는 업체는, 오직 특정한 동위원소의 수요만을 충족시킬 수 있으므로, 국가에서는 연구, 안보, 우주전력에 응용이 되는 방사성동위원소나 안정동위원소를 지속적으로 안정하게 공급할 필요가 있다. 국립연구소와 대학이 가지고 있는 시설과 양성된 인력으로 정의되는 국가 동위원소 인프라는 장기적인 연구재원의 부족으로 상실될 위험에 직면하고 있다. 본 보고서에서 언급하는 권고사항들을 고려하여 미국 에너지국은 성공적인 국가 동위원소 프로그램의 체제를 갖추어 수 있도록 다시 편성하고 조명해야 한다.

### 1. 서론

국가에서는 연구, 안보, 우주전력에 응용이 되는 방사성동위원소나 안정동위원소를 지속적으로 안정하게 공급할 필요가 있다. 오늘날 새로운 진단 및 치료용 동위원소는 개발되지 않고 있으며, 국가 안보에 필요한 동위원소는 공급이 모자라고 자국의 안보에 필요한 동위원소는 수요가 공급을 초과하고 있다. 국립연구소와 대학의 국가적 동위원소 기반시설들은 장기적인 연구재원의 부족으로 상실될 위험에 직면하고 있다(The Untold Story: The Economic Benefits of Nuclear Technologies, 1997). 국내외 상업적 공급자들은 단지 특정한 수요만을 충족시키고 있다. 따라서 21세기에 국가적으로 중요한 문제들을 해결하기 위해 국가동위원소프로그램의 창립을 제안하고자 한다.

많은 국내 외 기업들이 동위원소를 생산하는데 국가동위원소프로그램이 필요한가?

간단히 말해서, 미국의 상업적 기업들은 재

정적 이익이 확실한 때에만 시장에 진입 할 것이다. 외국의 공급업체는 중요 단반감기 핵종 공급에 실용적이지 못하고 국가 및 자국 안보를 위해 사용되는 동위원소의 경우는 타당하지 않다. 상업용으로 사용되는 모든 동위원소들은 정부와 대학의 공동연구를 통해 개발된 후 중소기업에 의해서 상업화된 것이 사실이다. 더욱이 미국 내에서 상업적으로 동위원소 생산용 원자로 시설을 보유한 곳은 없다. 보건상무부서(healthy commercial sector)는 이러한 동위원소를 생산할 수 있는 원자로나 다용도 가속기를 보유한 보건관련 정부부서의 설립을 요구한다.

#### 과학과 기술에 대한 역할은 무엇인가?

분자 핵의학과 같은 새로운 과학의 도래는 방사핵종의 안정된 공급을 요구하는 반면에, 모국안전과 국가 안보를 위한 새로운 필요에 따라서 신제품으로 생산될 영상장치와 방사선검출기에 대한 신기술의 개발을 촉진할 것이다. 게다가, 프로그램 자체만으로도 21세기 방사핵화학자의 핵심 그룹을 양성하는데 공헌 할 것이다.

#### 현 시점인 이유?

지난 10여 년간, 여러 연구를 통해서 국가 동위원소프로그램이 차별화된 요소의 도입이 필요하다는 것을 확인하였지만, 그들의 제안은 실행된 적이 없다. 우리는 이 난국을 타계할 수 있는 유일한 방법은 연구자, 생산자 그리고 사용자 공동체와의 협력이라고 믿는다.

국가동위원소프로그램의 목표는 무엇인가? 현재의 기반시설을 원래의 상태로 유지하

고 아래와 같은 중심 사업을 지원하는 승인된 프로그램.

- 방사성동위원소, 응용 및 제품에 대한 연구 개발
- 모든 업무수행에 필요한 방사성동위원소의 지속적이고 신뢰성 있는 생산
- 상업적으로 생산되지 않는 동위원소의 적절한 가격으로 국내 공급
- 차세대의 방사화학자 육성
- 실용 가능한 상업용 동위원소 부문

#### 국가동위원소프로그램은

아래와 같이 국내시장에 동위원소를 안전하고 신뢰성 있게 공급할 수 있다.

- 생산, 원자재의 관리 그리고 방사성 동위원소 연구에 관한 국가적 우선권을 수립
- 안정동위원소와 방사성동위원소 생산에 관한 정부, 대학 그리고 기업의 사명과 책임의 명시
- 미래의 판매, 연구 및 활용을 장려하는 정책과 인센티브(동기) 수립
- 프로그램이 적절히 구심점을 유지하도록 생산자, 연구자 그리고 최종사용자로부터 피드백 기구를 수립
- 기존의 기반시설의 유지관리 및 현대화 선도와 새로운 생산시설의 목표 수립
- 동 분야의 차세대 과학자의 훈련과 교육 제공

프로그램을 성공적으로 수행함으로써 동위원소의 기술, 발전 그리고 혁신 분야에서 미국의 기술선도의 역할을 회복할 뿐만 아니라 의료와 안보에 필수적으로 사용되는 외국 선원의 과잉 의존도를 줄일 수 있다. 본 위원

회에서는 성공적인 국가동위원소프로그램의 틀을 마련하기 위해 미국 에너지부(DOE) 동위원소 프로그램을 재조명하고 재조정할 것을 추천한다.

## 2. 동위원소 현황

미국에서 안정동위원소와 방사성동위원소가 도입된 1940년대 이후부터 평화적 이용은 계속 확대되어 왔다. 전통적인 산업이용은 계속되고 있으며 식품 조사, 의료용품 살균 및 기타 용도에서도 방사성핵종의 사용은 대중의 호응을 빠르게 얻어가고 있다. 미국에서는 방사성 핵종을 이용하여 의료기관에서 매년 약 15백만 건의 검진과 수십만 건의 치료가 이루어지고 있다. 의료연구 분야의 괄목할 만한 성장은 첨단응용을 위한 새로운 연구용 동위원소들의 수요를 증가시키고 있다. 동위원소는 이용과 관련하여 3천억 달러 이상의 매출과 4백만의 일자리를 제공하는 미국 경제에서 중요한 요소의 하나이다 (The Untold Story: The Economic Benefits of Nuclear Technologies, 1997).

### 가. 동위원소 시장

안정동위원소 및 방사성동위원소는 대부분 국내 또는 외국 기업들, 대학, 그리고 정부 기관들 사이에 협조가 이루어지지 않은 상태로 미국시장에 공급되고 있다.

국가동위원소프로그램의 부재로, 일반적으로 이러한 기관들의 역할이 조정되지 않아 결과적으로 한정된 자원이 비효율적으로 사용되었다. 현 공급 상황을 논의하기 위해, 동

위원소 시장은 기업시장(상용화된 응용)과 연구시장(새로운 응용)으로 구분하였다. 공급에 대한 협력 부재는 공급과 가격을 조절할 수 있는 시장 지배력이 없는 연구 분야에서 두드러지게 나타난다. 현재의 동위원소 시스템의 자세한 기술은 본 보고서의 부록 A에 추가되어 있다.

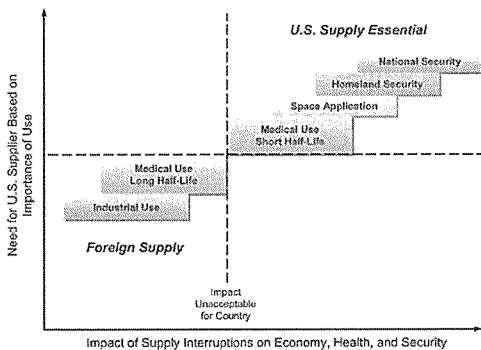
#### (1) 상업 시장

현재, 안정동위원소 또는 방사성동위원소는 안정된 시장에서 수익을 창출하는 가운데 국내외 상용 공급자가 어우러져 공급되고 있다. 또한, DOE의 실험실과 대학교에서는 기업과 협력하여 소량의 상업용 동위원소를 공급하는 역할을 하고 있다.

대량의 안정된 수요는 의료 및 산업용으로 사용되는 많은 동위원소를 지속적으로 공급할 수 있는 요인이 되었다. 방사성핵종 및 방사성의약품 회사(CORAR)의 자문단에 의해 조사된 비공식적인 자료에 의하면 현존하는 동위원소 사업 부문에서 동위원소 공급에 별 문제가 없는 것으로 확인 되었다.

핵의학 응용분야는 사업 확장의 주류를 이루고 있다. 2003년도 핵의학회(SNM)의 방사성의약품 분과 위원회는 핵의학 전문가와 연구자에게 공급할 수 있는 동위원소와 방사성의약품의 포괄적인 목록을 제작하였다 (Silberstein, 2003). 이 목록(부록 B)에 미국에서 상업적으로 이용할 수 있는 방사성의약품과 북미에서 공급되는 방사성 핵종을 열거하고 있다. 그러나 이러한 방사성핵종의 수요에 대한 현재 생산량과 공급량은 알려지지 않았다. 부록B에는 산업용 방사성동위원소의 목록이 포함되어 있다.

현재, 세계적인 동위원소 공급시스템이 동위원소 이용에 충분할지라도, 대부분의 생산자들은 미국 밖에 있다. 외국 공급업체에 의존하는 것은 이용에 있어서 민감한 부분이 내재된 동위원소의 경우에 문제가 된다. 문제의 민감성은 반감기가 극히 짧은 의료용 동위원소 또는 국가 안보에 응용되는 동위원소의 공급 중단을 포함한 여러 가지의 형태로 나타날 것이다. 이러한 외국기업 의존성의 증가에 대해 체계적으로 대처하지 않고 있다. 공급중단으로 미치는 영향과 미국 공급의 필요성에 대한 상관관계를 <그림 1>에 제시하였다. 공급중단으로 발생하는 영향을 받아들일 수 없다면, 미국이 공급하는 것은 필수적이다.



<그림 1> 미국의 공급이 필수적인 중요 동위원소의 사용 분야

(2) 연구개발 시장

가장 시급한 동위원소 공급에 대한 도전은 양이 작고, 생산기술이 잘 확립되지 않고, 가격이 높은 분야나 연구용으로 사용되는 동위원소와 연관되어 있다. 연구용 동위원소는 수요와 수익 창출이 입증되지 않아 충분히 공급되고 못하고 있다. 새로운 응용분야를 개발하고 있는 안정동위원소 또는 방사성동위원소의 공급은 관례상 DOE의 책무였다. 그

러나 DOE 프로그램과 자원은 지난 20년간 감소하여 왔고, 최근 정책 변화로 상황은 더욱 악화되었으며 새로운 동위원소 응용분야의 개발은 지연되고 있다. 실제로, 최근 DOE의 정책 변화로 DOE 프로그램을 이용한 동위원소 응용과 생산을 위한 모든 연구비가 삭제되었다.

동위원소를 연구개발 집단에 적절한 가격으로 공급하지 못하면 상업용 동위원소 공급 중단에 비해 그 영향이 적을 지라도, 동위원소를 사용하여 연구할 새로운 첨단 기술 개발 기회를 상실하게 되어 미국 국민의 건강 복지와 국가안보에 중대한 영향을 끼칠 것이다.

소수의 대학 연구실에서 지속적으로 소량의 연구개발용 동위원소를 생산해 왔으나, 최근에는 감소하고 있다. 게다가, 동위원소를 생산할 수 있는 자원이 있는 대학교에서도 이 제한된 자원마저도 DOE의 역량과 조화를 이루지 못하고 있다.

나. 기반구조 현황 (동위원소 생산 시설 및 양성된 인력)

잘 갖추어진 시설과 양성된 인력은 발전 가능한 동위원소 생산 시스템을 구축에 중요 요소이다. 몇 개 중요한 원자로 생산 시설을 제외하고 거의 가동이 중단되었으며, 남아 있는 시설들조차도 낡고 유지상태가 좋지 않다. 방사화학 분야의 졸업생들이 장기적으로 줄어들고 있다. 동위원소 기반이 쇠퇴되는 경향을 언급하지 않는다면, 동위원소 응용에 심각한 영향을 미칠 것으로 예측된다.

(1) 동위원소 시설

상업적으로 동위원소 생산을 위한 가속기

해외 소식

시설이 유지되고 있고 안정적으로 공급하기 위한 새로운 시설이 추가되고 있다. 미국 내에 상용 동위원소 생산 원자료가 없기 때문에, 원자로 생산 동위원소의 공급은 외국의 의존도가 높다. 미국 내의 동위원소 생산 원자로의 시설은 DOE와 유일한 국립대학 [미조리 대학 연구용 원자로 센터(MURR)] 원자로 뿐이다. 근본적인 문제는 DOE와 대학의 시설이 유일한 생산시설이라는 점이다.

DOE 시설들은 낡았으며, 장기간에 걸쳐 예산이 동결되어 동위원소 생산을 지속하기 위한 성능개선과 현대화에 필요한 자금 조달이 어려웠다. 모든 DOE의 대형 동위원소 생산 원자로와 많은 소규모의 연구용 원자로가 (the High Flux Beam Reactor, the Fast Flux Test Reactor, Experimental Breeder Reactor II, Savannah River production reactors, etc) 가동 중지되었다. 단지 몇 개의 원자로만이 DOE 관할아래 동위원소 생산에 이용되고 있다. 더 이상 시설의 운전 중지는 원자로 생산 동위원소의 공급 능력 감소로 이어질 것이다. 동위원소 생산을 지원하기 위해 남은 중요 시설을 보면, 1965년에 가동을 시작한 오크리지 국립연구소(ORNL)에 있는 the High Flux Isotope Reactor (HFIR), 1970년에 가동에 들어간 the Advanced Test Reactor at Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, 1944년에 가동에 들어간 the ORNL calutrons, 1972년 개시된 the Brookhaven Linac (선형가속기) Isotope Producer, 그리고 1974년도에 운전된 the Los Alamos Neutron Source Center 등이 있다. 이와 같은 동위원소 생산시설 운영비

는 급진적으로 증가하고 있다. 그 이유는 운영의 안전을 피하고 원래의 형태로 유지하도록 대처해야 하기 때문이다. 수십 년이란 긴 준비기간이 있었음에도 불구하고 값비싼 대형 시설을 교체하거나 또는 개선하도록 대처하기 위한 전략적인 접근이 없었다. 더 이상 생산능력의 감소를 막기 위해 DOE와 대학의 동위원소 생산시설에 대한 지원 대응책을 마련하기 위한 즉각적인 관심표명이 필요하다. 이러한 문제들은 여러 연구에서, 최근에는 Nuclear Energy Research Advisory Committee (NERAC)보고서 2000에서 중요하게 다루어졌지만 DOE는 관련된 문제를 해결하거나 권고사항에 대하여 대응하지도 못하고 있다.

## (2) 훈련된 인력

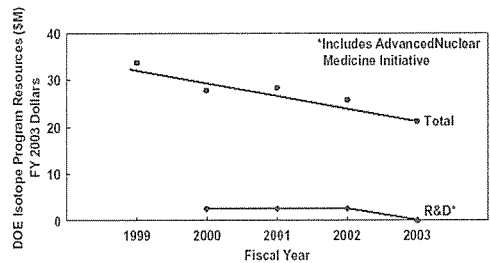
19개의 미국 대학교에서 응답한 설문조사로 방사화학분야의 대학원 프로그램, 대학원생, 그리고 교수의 수가 장기적인 감소추세로 이어지고 있음이 밝혀졌다. 현재의 추세에 따르면 핵의학과 핵산업 분야와 DOE 국립연구소에서 차기 수년 이내에 매년 수백 명의 인력이 필요하지만 5~10 정도의 미국인 박사학위 졸업생을 배출할 것으로 예상된다 (Whiteford and Akbarzadeh, 2003; Choppin, in press). 과거에는 외국의 대학원생들의 참여로 핵과학자들의 부족을 해결해 왔으나 이 분야에서의 젊은 과학자들의 수가 감소하는 세계적인 경향 때문에, 이와 같은 인력 부족을 해결하는 방법으로 외국 대학원생들의 활용이 불가능하다. 방사화학자의 부족으로 방사성동위원소 생산과 응용에 대한 연구개발에 대한 심각한 충격을 피하기 위

해 미국 내에서의 방사화학 교육의 쇠퇴에 대처하는 즉각적인 대응책이 필요하다.

#### 다. DOE 지도력

DOE 동위원소 프로그램의 초창기에는, 필요한 동위원소의 생산, 새로운 응용분야 개발과 미국 경제의 대기업으로의 기술이전 등으로 프로그램이 아주 성공적이었다. 지난 10~15년 전부터 DOE 동위원소 프로그램은 지속적으로 쇠퇴하여 왔다. 1989년에 동위원소 프로그램은 재정적으로 자급자족하도록 Public Law 101-101(H.R. 2696)가 제정되었다. 모든 경비를 회수해야 하는 이 새로운 법률은 DOE가 동위원소 생산과 분배를 위한 본연의 목표에서 벗어나 프로그램의 경비를 충당하기 위해 생산하는 동위원소의 범위를 줄이고, 수익성이 높은 대용량 생산용 동위원소로 국한하고, 동위원소 생산과 분배에 소요되는 경비를 연구 사용자에게 부담을 증가시키는 결과를 유발하였다. 이러한 전략은 심각한 부정적인 결과를 초래하였다. 전액 회수를 근거로 동위원소 프로그램의 운영을 위해 상당한 노력을 하였음에도 불구하고, 판매로부터 얻은 수입으로는 경비를 충당하지 못하였다. 최근에 DOE의 동위원소 프로그램은 동위원소 생산에 관한 연구 개발 지원금의 삭제와 더불어 선지급 정책을 법률적으로 제정하였다. 이러한 새로운 정책은 DOE 동위원소 프로그램을 더욱 더 심한 침체하게 하였고 동위원소 생산 본연의 역할을 수행하는데도 실패하였다. DOE 동위원소 프로그램 지원금의 내역을 그림 2에 제시하였다. 프로그램이 수익성이 있을 것이라는 자신감으로 충만하여 지원금을 삭감하여

DOE의 역량을 심하게 손상하였다. 이러한 부정적인 경향을 반전시키도록 여러 차례의 권고가 있었음에도 불구하고, 제시한 프로그램 침체에 대해 DOE는 적절한 대응을 취하는데 실패하였다.



〈그림 2〉 DOE 동위원소 프로그램의 자금 내역

### 3. 국가동위원소프로그램의 필요성

#### 가. 문제의 해결

국가동위원소프로그램은 기존 동위원소 시스템에 관련된 문제들의 제기가 필요하다. 이 문제점은 2절에서 확인 되었으며, 다음과 같다:

- 문제 1 : 공급중단의 영향을 받아들일 수 없는 상황이 될 경우에 외국 공급업체의 의존성에 대해 체계적으로 대처하지 못하고 있다.
- 문제 2 : DOE 동위원소 프로그램의 정책 변화와 자원의 감소로 인해 적정 가격으로 연구용 동위원소를 보급할 수 없다.
- 문제 3 : DOE 연구개발 자금의 삭감으로 미국 내 동위원소 사업 개발이 제약을 받고 있으며 향후 동위원소 응용 분야의 개발에 영향을 미치고

있다.

문제 4 : 국가가 필요로 하는 동위원소를 효과적으로 공급하기 위하여 제한된 국가 동위원소 생산 자원을 효과적으로 조율하지 못하고 있다.

문제 5 : 시설 교체에 대한 장기적 계획을 개발하는데 실패하였고 생산 시설의 노후화에 대한 지원부족으로 위험수준에 이를 만큼 동위원소 생산 능력이 감소하였다.

문제 6 : 방사화학 교육의 퇴보로 방사성동위원소의 생산과 응용에 대한 연구개발에 미치는 부정적인 영향을 피하기 위한 대처를 하지 못하고 있다.

문제 7 : DOE는 DOE 동위원소 프로그램이 붕괴하지 않도록 복귀시키는데 필요한 지도력 발휘하지 못하였다.

미국 동위원소 프로그램은 위기의 상황이며, 지금 당장 주요 문제점에 대처해야 한다.

#### 나. 선행된 연구에서 제시된 권고사항

지난 10년 동안 미국 내에서 전문가와 판매 그룹이 안정동위원소와 방사성동위원소의 필요성에 대해 많은 연구를 수행했다. 기존의 DOE 동위원소 프로그램의 활동 방향을 제시하기 위한 연구의 대부분은 DOE로부터 위임을 받은 것들이다. 이러한 연구는 다음과 같다:

- Long-Term Nuclear Technology Research and Development Plan, NERAC Subcommittee on Long-

Term Planning for Nuclear Energy Research, June 2000.

- NERAC Subcommittee for Isotope Research & Production Planning, Dr. Richard Reba, Chairman, April 2000 (Final Report, 2000).
- Expert Panel: Forecast Future Demand for Medical Isotopes, Medical University of South Carolina, March 1999 (Expert Panel, 1999).
- Report on Isotope Production and Distribution, ORNL, September 1995 (Report on Isotope Production and Distribution, 1995).
- Isotopes for Medicine and Life Sciences, Institute of Medicine, Division of Health Sciences Policy, January 1995 (Institute of Medicine, 1995).
- US DOE National Isotope Strategy, August 1994 (US Department of Energy National Isotope Strategy, 1994).

위에 언급된 보고서의 요약된 결론과 권고사항은 부록 C에 첨부 되어 있고, 주된 권고사항은 아래와 같다.

- ① 국가 물자 자원에 대한 관리 차원에서 동위원소의 국가적 수요를 맞출 수 있도록 조직된 프로그램 수립. 프로그램은 관리자가 DOE의 수뇌부에 직접 보고하여 에너지 장관 수준에서 지원되어야

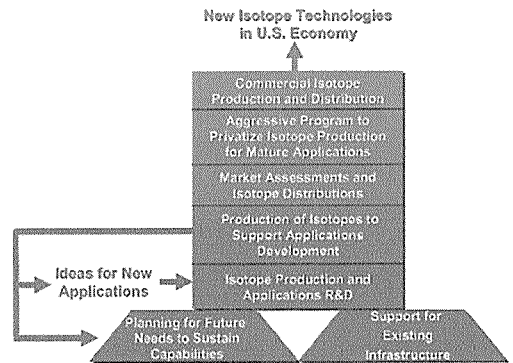
- 한다.
- ② 생산품의 효율적인 운송과 서비스를 담당하는 조직의 설립.
  - ③ 연구개발과 생산 그리고 교육 프로그램에 관해 프로그램 관리자를 조인하는 국가자문 위원회 설립.
  - ④ 동위원소 수요의 평가와 가속기 응용으로 기술이전이 이루어지도록 연구, 의료, 산업 이용자들의 협력을 촉진하는 기구의 설립.
  - ⑤ 안정동위원소와 방사성동위원소를 다양한 방법으로 공급할 수 있는 능력 구축과 지속적인 생산량을 유지하기 위한 기반시설을 관리할 수 있는 체제 구축.
  - ⑥ 기타 정부 프로그램으로부터 지원이 없는 동위원소 응용에 초점을 맞춘 동위원소의 생산, 제조 그리고 이용을 증진하기 위한 연구개발 투자.
  - ⑦ 국가의 수요를 충족할 수 있는 다음 세대의 방사화학자의 교육과 훈련 프로그램의 수립.

앞의 연구결과에서 얻은 권고들은 거의 시행되지 않았지만, 이 권고들은 일반적으로 일관성이 있고, 현 문제를 효과적으로 제기하였을 것이다. 중요한 사항은 DOE 동위원소 프로그램의 변화에 요구되는 실행 체제를 수립하는 것이다. 비록 DOE 동위원소 프로그램은 15년간 존재하였고, 프로그램의 개선에 대한 권고는 대부분 근래에 요청되었지만, 프로그램의 효력은 쇠퇴해 가고 있다. 따라서 본 위원회의 권고는 프로그램의 향상을 위해, 현재의 DOE 동위원소 프로그램의 대대적인 재조정과 재조명을 통하여 프로그램

개선을 수행할 수 있는 체제인 국가동위원소 프로그램으로 전환하는 것이다.

#### 4. 국가동위원소프로그램의 기본

국가동위원소프로그램은 앞에서 말한 요구 요소의 조정이 필요하다. 그래서 이용 가능한 자원들은 필수적인 프로그램 기능을 수행하는데 최대로 이용하여야 한다(그림 3). 현 프로그램에서는 몇 가지 요소들이 누락되어 있어 성공적인 프로그램 수행을 위한 기본 원칙을 포용하기 위해 재조정과 재조명이 필요하다.



〈그림 3〉 국가동위원소프로그램의 기본

국가동위원소프로그램의 기본 원칙은 다음과 같다:

- 가. 강한 경영과 지도력 제공: 한 개의 프로그램 사무국으로 연방 정부기관의 독립 기관들 간의 임무를 조정하고 효과적으로 운영해야 한다. 프로그램은 대학과 상업용 동위원소의 공급을 모니터링 한다. 사무국은 국회와 행정부의 프로그램 지원을 유도하고, 공동의 이익



을 추구하도록 독립된 기관에 대한 영향력을 행사할 수 있는 지도력을 배양해야 한다.

나. 관련된 모든 기관의 협력 촉진: 성공적이고 지속적인 국가동위원소프로그램은 동위원소를 생산하고 이용하는 모든 기관이 정책 수립에 참여하여 일상적으로 의견을 교환할 때 가능하다. DOE와 보건복지부는 SNM, CORAR, the National Organization of Test, Research and Training Reactors 같은 기관 및 다양한 대학 프로그램을 대표하는 기관들과 교류하고 그들이 추구하는 바를 결집해야 한다.

다. 연구용 동위원소 생산을 위한 적절한 자원을 제공: 연구용 동위원소는 예산 부족으로 상용 공급업체에서 구하기 어렵고 소량을 취급하기 때문에 단가가 높아서 가격이 매우 비싸다. 정부산하 기관들은 연구자들에게 사용이 가능하도록 보증해야 한다.

라. 연구자와 임상병리사의 요구를 지속적으로 주시(모니터링): 모든 원자로, 가속기, 그리고 사이클로트론 시설들은 연구자와 임상병리사의 요구를 충족시키는 최적상태로 이용해야 한다. 단기적으로 이렇게 하기 위해서는 기존 정부 자원의 역할 조정이 필요하다. 장기적으로는 증가되는 동위원소의 수요를 충족시키기 위해 하나 또는 그 이상의 원자로, 가속기, 사이클로트론의 설치

가 제시되어야 한다. 이러한 정부기관의 동위원소 생산시설의 기반시설은 반드시 유지 되어야 한다.

마. 상업화 가능한 동위원소 프로그램의 기업으로 이전 촉진: 정부기관은 동위원소의 공급을 상업적 목적으로 생산할 수 없다. 실제로, DOE는 기업과의 경쟁을 금하는 정책을 가지고 있다. 그러나 동위원소 생산의 상업화 장벽이 높음으로 이 장벽을 극복하기 위해서는 많은 생산시설 자본금과 정부의 지원이 필요하다.

이러한 기본적 원칙을 성공적으로 추진하기 위하여 극적으로 부적합한 상태의 미국 동위원소 시스템을 현대화하고, 자생력이 있는 생산적인 시스템으로 전환시킬 것이다. 연구와 상업화를 꽃피울 수 있는 국가동위원소프로그램을 재정립하기 위하여 경영과 기획에서 주목할 만한 변화가 필요하다.

## 5. 실행 권고사항

동위원소의 연구와 개발, 그리고 생산에 관련된 정부의 역할을 재정비하고 재조명할 실질적인 변화가 필요하다. DOE와 다른 정부기관 그리고 대학교와 기업간의 협력과 협조를 강화할 필요가 있다. 이런 변화에 필요한 권고사항은 이미 검증되었다.

동위원소 응용분야가 발전하고 동위원소가 안정적으로 공급되어 이 계획이 성공적으로 수행되려면 공동의 노력이 필수적이다. 협회, 연구소 및 기업과 같이 다양한 기관들

의 참여로 동위원소 프로그램을 지원하는 기본적 기반이 실질적으로 넓혀질 것이다. 이 프로그램은 광범위한 기반으로부터 얻은 여론을 바탕으로 의회와 행정부의 폭 넓은 지원을 얻어 실행될 것이다. 이러한 권고사항을 이행하기 위하여 DOE의 동위원소 프로그램에 2003회계년도 기준으로 약 3천만 달러의 증액이 필요하다.

가. 정부는 새로운 동위원소 정책과 장기적 전략 계획을 수립해야 한다: 이러한 전략 계획은 외국 공급자 의존성에 대해 체계적으로 대처해야 한다.

나. 국가 동위원소 정책과 장기 전략의 실현을 위한 국가동위원소프로그램 기구의 설립 <그림 4>: 국가동위원소프로그램의 범위는 핵무기 물질, 아주 무거운 악티나이드 계열과 Pu-238 생산을 제외한 모든 안정동위원소와 방사성동위원소의 연구개발 및 생산 프로그램을 포함한다. 새로운 기구는 동위원소 취급과 기술 이전 그리고 DOE 생산과 연구개발의 두 가지 기능을 갖는다. 두 가지 기능은 국가동위원소프로그램 관리자에게 보고 될 것이다. 국가동위원소프로그램은 DOE 운영과 상업적 동위원소 사업 경험을 갖는 회사와 동위원소 취급 및 기술이전을 계약을 맺을 것이다. 새로운 기구는 공급추적과 수요예측, 안정동위원소 및 방사성동위원소의 분배를 관리하고 제품판매, DOE 생산량과 시장 생산량의 조절하고, 잠재적인 DOE의 기술을 관리할 것이다.

DOE의 생산 및 연구개발 기구는 DOE 국립연구실에서 기존의 생산 및 연구개발 수행을 관리할 것이다.

다. 프로그램 관리자가 감독과 지도를 할 수 있도록 국가동위원소프로그램을 위한 독립적인 기술자문위원회의 설립: 자문위원은 기업, 대학, DOE, NIH, 다른 정부연구소, 그리고 기업연구소를 포함한 동위원소의 사용과 생산에 관련된 모든 분과를 대변해야 한다. 대변할 기관은 SNM, the American College of Nuclear Physicians, the American Chemical Society Division of Nuclear Chemistry and Technology, the American Nuclear Society, CORAR, DOD, 그리고 NASA등을 포함한다.

라. 국가동위원소프로그램 사무국의 적절한 인력의 확보: 사무국의 역할과 책무 분석하고 임원의 인력규모와 역량(기술적 및 행정적)으로 볼 때 적절한지 확인한다. 맨 처음 할 일은 국립동위원소프로그램의 관리자를 선출하는 것이다. 선출된 관리자는 동위원소 생산과 최종 사용에 관련한 상호연관관계와 복잡한 문제점을 충분히 이해하는데 필요한 기술적 행정적인 능력을 갖추어야 할 뿐 아니라 이러한 프로그램을 향상시킬 수 있는 혁신적인 전략 개발이 가능한 인물이어야 한다. 또한 관리자는 모든 동위원소 생산과 응용 프로그램 간에 협력 분위기를 조성할 수 있는 지도력과 의사소통 능력을 갖추어야 한다. 가장

중요한 것은, 이 과정에서 기술자문위원회와의 긴밀한 협의가 필요하다는 점이다.

마. 기업으로의 기술이전 촉진: 연구개발은 성공적인 응용을 선도하는 것과 마찬가지로, 동위원소 제품시장도 제품이 상용화되는 방향으로 성장할 것이다. 국가동위원소프로그램 사무국은 정부가 지원하는 연구용 동위원소의 생산을 동위원소와 제품의 상용공급이 가능한 기업생산으로 전환을 촉진시켜야 한다. 국가동위원소프로그램은 상용화 가능한 동위원소 생산과 공급은 기업이 인수하도록 돕고 수익성이 없는 동위원소 생산을 지원하는 역할을 숙지하여야 한다. 국가동위원소프로그램은 동위원소 사업을 시작하는 소규모의 기업을 장려하는데 중점을 두어야 한다.

바. 기존 프로그램 지원을 위한 적절한 자원 확보:

(1) 프로그램에 영향을 미치는 공법 101-101 (H.R. 2696)의 평가: 공법 101-101의 조항에 의해 국가동위원소프로그램에 적당한 자금지원을 허용하지 않는다면, 의회차원에서 법 개정을 제안한다. 수익성 프로그램의 기업 기술이전에 대한 결론은, 정의에 따라서, 정부 프로그램은 수익을 창출하지 않는다는 것이다. 그러므로 전액회수를 기반으로 한 정부 동위원소프로그램의 운영은 지지할 수 없다.

(2) 필수 동위원소 생산 (상업적으로 생산하지 않는 연구용 동위원소와 기타 동위원소): 적절한 가격의 연구용 동위원소 생산 없이는 연구가 불가능하다. 연구용 동위원소는 일반적으로 가격이 비싸기 때문에(소량의 동위원소 생산에 따른 가격 책정이므로) 연구자들에게 가격을 낮추기 위한 정부로부터의 보조금이 필요하다. 후자의 관점은 비연구용 동위원소뿐만 아니라 항공학이나 의료 분야에 사용되는 동위원소에도 적용된다.

(3) 안정동위원소 및 방사성동위원소 생산 연구 개발: 동위원소 생산과 분리 연구는 기존의 정부 프로그램에서 지원되고 있지 않다. 본 국가동위원소 프로그램은 연구개발 수요를 평가하고 필요한 연구개발에 대한 자금을 후원할 것이다.

(4) 방사성동위원소의 응용과 제품의 연구 개발: 방사성동위원소의 응용연구는 여러 정부기관에서 지원을 받고 있다(e.g., NIH, National Aeronautics and Space Administration, Department of Homeland Security). 국가동위원소프로그램 사무국은 다른 프로그램에서 지원을 받지 못하는 응용을 지원해야 하며, 다른 프로그램에 의한 동위원소의 응용 및 연구에 연구비 지원을 받도록 지원해야 한다.

- (5) 방사화학자와 핵기술자 양성: 적절히 교육된 인력의 심각한 감소를 막기 위해 교수직, 장학금, 특별연구원제도 등을 지원해야 한다.
- (6) 단기 장기적으로 동위원소 생산 기반 시설의 평가와 시설확장 계획의 개발: 기반시설은 원자로, 가속기, 사이클로트론, 농축기, 핫셀, 방사화학 처

리시설, 실험실 그리고 관련된 지원 시설 등을 포함한다. 국가동위원소 프로그램은 DOE의 생산 및 연구개발시설에 대한 관리 자금을 제공 할 것이다. 본 계획을 통하여 DOE에 포함되지 않은 시설과 기관에 대하여도 경쟁적인 차원에서 중요한 기반시설을 설치하고 유지하도록 보상이 이루어지고 있는지 확인할 것이다. **KRIA**

