

## 국제핵물질 불법거래

핵물질 불법거래에 의해 제기되는 가장 큰 문제는 국제 핵확산 금지의 체계를 파괴하여 핵 위협을 가중시키는 것이며, 핵물질에 이해가 없는 사람에 의한 운반이나 보관 등의 책임에 의하여 방사선 방어상의 문제점을 일으킬 수 있다는 것이다.

최근에 급증하고 있는 핵물질 불법거래는 핵물질 확산금지에 커다란 문제를 야기하고 있다. 우리나라도 핵물질 불법거래 발생의 가능성이 있음을 인식해야 하며, 이에 대한 국가적 대책을 마련하여야 한다.



### 윤 완 기

한국원자력연구소  
원자력통제기술센터  
선임연구원

#### 핵물질 불법거래의 배경

최근에 핵물질 불법거래가 증가되어 국제 핵확산 금지에 커다란 문제가 되고 있다.

동구의 몰락 및 소련의 붕괴에 의하여 냉전은 종식되었으나 소련에서 독립한 신생국(NIS)은 옛 소련이 소유하고 있던 핵물질 및 시설을 보유하게 되었다.

그러나 신생국은 핵물질관리 국가 체계가 미비하므로 인하여 핵물질의 효율적인 통제가 어려운 실정이라 핵확산 금지에 잠재적인 문제가 되고 있다.

러시아를 비롯하여 우크라이나, 카자흐스탄, 벨라루스 등이 핵무기를 보유하게 되었으며, 러시아는 옛 소련의 NPT를 승계하고, 벨라루스는 NPT가입 수락서를 1993년 7월에 기탁하였으며, 우크라이나는 1994년 12월에 NPT에 가입하였다.

또한 냉전 종식에 의하여 핵보유국 사이에 핵군축이 진전을 보여 전략 핵무기 감축 조약 (START)의 체결과 핵실험의 임시 유보를 합의하게 되어, 핵물질 관련 시설이 감축되었다.

따라서 핵관련 종사자들이 해고되거나, 전에 비하여 낮은 대우를 받게 되어 불만이 확대되었고, 핵물질이 군

용에서 민용으로 전환됨에 따라 민간인의 접근이 용이하게 되었다.

일부 국가 및 집단에서는 핵무기를 보유함으로써 정치적 군사적 목적에 이점이 있다고 생각하여 핵물질을 구입하려고 시도하고 있고, 공급측에서는 핵물질 불법거래의 수요가 있다고 기대하여, 핵물질의 밀거래가 이루어질 수 있는 잠재 공급 및 수요가 있는 시장이 확립되어 있다.

핵물질 불법거래는 이의 특성상 최종 고객을 알 수가 없다. 지금까지 밝혀진 사건들도 최종 고객이 공식적으로 밝혀진 것은 없다.

플루토늄과 우라늄은 종이와 같은 최소한의 차폐만 있으면 되고, 또한 비중이 커서 부피가 작으므로 은밀하게 이송이 가능하다.

10kg의 경우에도 소프트볼 정도의 크기 밖에 되지 않는다.

그리고 가격이 어떠한 귀금속보다도 비싼 것이라 밀거래에는 아주 적합한 물질이다.

핵물질 불법거래에 의해 제기되는 가장 큰 문제는 국제 핵확산 금지의 체계를 파괴하여 핵위협을 가중시키는 것이며, 핵물질에 이해가 없는 사람에 의한 운반이나 보관 등의 취급에 의하여 방사선 방어상의 문제점을 일으킬 수 있는 것이다.

그리고 핵물질을 핵무기에 전용하지 않더라도 국가 기간시설인 상수도 등에 투입하여 국가 비상사태를 야기할 수도 있는 것이다.

## 핵물질의 특성 및 선호도

### 1. 특 성

핵무기에 사용되는 핵물질에는 우라늄 233, 235, 플루토늄 239가 있다. 이중 우라늄 235만이 자연상태로 존재하며 그 함량은 0.7% 정도이다.

우라늄 233 및 플루토늄은 자연에 존재하지 않으며 자연에 존재하는 토륨 232와 우라늄 238을 중성자로 조사하여 생산한 후 분리하여 제조한다.

플루토늄은 239 이외에 240 등의 6가지 핵종을 포함하고 있어 240의 순도에 따라 핵무기급 원료로서의 가능성이 정해지며, 우라늄도 동위원소의 성분에 따라 정해진다.

핵무기급 우라늄은 우라늄 233이나 235가 90% 이상이어야 하며, 플루토늄의 경우에는 239가 93% 이상이어야 효과적으로 사용할 수 있다. 순도가 낮은 경우에도 사용이 가능하나 더욱 고도의 기술이 필요하다.

핵무기용 핵물질은 원전에서 사용되는 산화물의 세라믹 형태가 아니라 고체 금속의 형태로 만들어진다.

세라믹형은 안정되어 있으나 금속 우라늄이나 플루토늄은 물리·화학적으로 불안정하다.

금속 우라늄은 중성자에 조사되면 변형 및 팽창이 일어나고, 고온에서는 밀도 등 물리적 상태가 급히 변하므로 원자로에 사용할 때는 문제가 된다.

특히 화학 반응성이 커서 금속 우라늄 파우더는 상온에서 자연 발화한다.

화학적으로 매우 강한 독성을 갖는 플루토늄은 금속형태시 고온에서 변형, 팽창, 상대변화 등 금속 우라늄과 비슷한 성질을 갖고 있다. 특히 고온에서 습기가 있을 때 쉽게 산화반응을 일으키고, 플루토늄 금속 파우더도 산소와 접촉시 자연발화한다.

따라서 핵무기급 핵물질은 보관시에 산소와 접촉하지 않도록 도금하거나 특수용기에 저장하여야 한다. 우라늄과 플루토늄은 주로 알파선을 방출하며 이의 투과력은 종이 한장으로도 막을 수 있고, 감마선은 0.9cm의 납으로 90% 이상 차폐할 수 있다.

### 2. 핵물질의 유의량

IAEA는 핵무기의 전용에 필요한 소요량을 유의량(留意量: Significant Quantity)이라 하며 핵물질의 계량검증 목표로 사용되고 있다.

반사체를 가진 100% 농축 우라늄 235의 임계질량은 약 15kg이며, 20% 농축우라늄은 약 250kg이다.

현실적으로 농축도가 20%이하인 우라늄을 사용하여 핵무기를 만드는 것은 가능하지 않다. 우라늄 233의 임계질량은 약 7kg이고, 플루토늄 239의 임계질량은 약 5kg 정도이다.

IAEA는 표 1의 유의량에 해당하는 핵물질을 보유할 때 그 물질의 종류에 따라 전용 기간을 감안한 검증 목표를 두고 사찰활동을 하고 있다.

그러나 현재는 핵무기의 제조기술이 발전된 상태로 이보다 적은 양으로

(표 1) 유의량(SQ)

	핵물질	1SQ양	보장조치적용
일반사용 물질	*Pu	8kg	전 원소
	U-233	8kg	전 동위원소
	U(U-235≥20%)	25kg	U-235 동위원소
간접사용 물질	**U(U-235≤20%)	75kg	U-235 함량
	Th	20ton	전 원소

\* PU중 PU-238 함량이 80% 이하인 것

\*\* 천연 및 감속 우라늄 포함

도 가능하다고 알려져 있다.

실제 핵무기를 제조하는데 있어서 고농축우라늄은 약 15~25kg, 플루토늄은 약 3~8kg이 소요되며, 반사체의 종류와 두께에 따라 변한다.

### 3. 핵물질의 선호도

핵물질, 특히 핵무기급이나 고순도 핵물질들은 물리적 형태에 따라 핵무기로의 전용에 대한 다양한 수준의 선호도를 갖는다. 이에 핵물질의 선호도(Physical Attractiveness)의 정도를 분류하여 이에 따른 방호가 이루어지는 것이 필요하다.

‘핵물질 선호계수(Attractiveness Factor)’는 전용된 핵물질을 사용하여 은밀히 핵무기를 만들 때 상대적 용이도를 반영하여야 한다.

가장 선호되는 핵물질은 금속 형태의 고순도 핵물질이다. 약간의 가공 등을 통하여 금속 형태로 바뀔 수 있는 산화물, 질화물, 탄화물, 고농축 핵연료, 고농축 용액은 약간 낮은 선호도를 갖는다. 재순환 공정의 찌꺼기, 저품도 용액, 폐기물 등은 저등급의 선호도를 갖는다.

현재는 핵물질의 선호도가 적용되고 있지 않지만 핵물질의 전용방지를 강화하기 위하여는 선호도에 따라 핵물질을 분류하는 것이 필요하다.

### 불법 거래의 경제성

핵물질 불법거래에 의한 핵무기가 제조에 의한 핵물질보다 얼마나 경제성이 있는가는 비교하기가 힘들다.

핵물질을 생산하기 위하여는 농축 시설이나, 원자로와 재처리시설이 필요하다. 농축기술에는 기체확산법, 원심분리법, 노즐분사법, 레이저분리법 등이 있다. 기체확산법은 시설 건설에 약 13억달러가 소요되며, 가스원심분리법은 이보다 적게 소요된다.

운전비용으로는 약 20kg의 고농축 우라늄 생산시에 약 40만달러가 소요되는 것으로 추정된다.

플루토늄의 경우 원자로와 재처리 시설이 필요하며, 기초 형태의 원자로로 1년에 약 8kg 정도의 플루토늄을 생산하려면 흑연감속로의 경우 건설에 2만5천~5천만달러가 소요된다.

소규모 재처리 시설 건설에는 최소 5천만달러가 필요하며, 운전 비용으로 8kg의 플루토늄 추출에 필요한 경비는 약 15만달러~40만달러 정도이다.

그리고 전문인력으로 100명 정도가 필요하다.

시설의 건설비 및 운영비는 사용기술 종류, 시설규모, 안전도의 고려(예:자동화 및 원격화 정도), 운전 방법 등에 따라 매우 크게 차이가 있다.

불법거래되는 핵물질의 경우 플루토늄이 1그램당 6만달러에서부터 킬로그램당 25만달러 내지 30만달러라는 보도가 있으며, 1유의량인 8kg에 대하여 계산하여 보면 약 2백만달러~5억불이 소요되며, 기술적으로 가능하다는 3kg의 경우에 최소 75만달러가 된다. 이들 가격은 국제환경 등에 의하여 매우 가변적인 것이다. 즉 정하여진 가격이 있는 것이 아니라 상황 및 협상에 따라 변하는 것이다.

또한 중요한 문제는 불법거래에 의하여 핵물질을 소유하는 것이 원자로, 재처리시설 또는 농축시설을 건설·운영하여 핵물질을 소유하는 것보다 전문인력 및 기술의 확보가 필요없고, 수년이 소요되는 건설과 운영이 필요없으므로 비밀유지가 핵물질 제조보다 용이하다. 이들을 고려하면 밀거래의 타당성은 충분히 있다.

### 현황

표 2의 IAEA의 자료에 의하면 지

〈표 2〉 핵물질 불법거래 사건(1993. 9~1994. 10)

국 가	건 수	국 가	건 수
독 일	4	에스토니아	1
스 위 스	3	헝 가 리	1
터 키	3	폴 란 드	1
루 마 니 아	3	불 가 리 아	1
슬로바키아	2	러 시 아	1

〈표 3〉 불법거래 핵물질 종류

종 류	건 수
플루토늄/MOX	3
고농축우라늄	4
저농축 우라늄	6
천연 우라늄	6
감손 우라늄	1

난 1년간 20건의 핵물질 불법거래가 적발되었으며, 주로 서유럽 및 동유럽에서 발생되었고, 이들의 관련 핵물질 종류는 표 3과 같다.

주로 일어난 지역은 서유럽, 동유럽, 옛소련 등이며 플루토늄과 고농축우라늄도 상당 부분 차지한다.

일본 NHK 방송은 1994년 9월 5일 "핵이 팔린다 - 플루토늄 밀수사건의 충격"이라는 핵물질 불법거래에 대한 특집방송을 하였다.

이의 주요 내용은, 1994년 5월부터 8월까지 독일의 네곳에서 핵물질 밀수사건이 적발되었으며, 이중 세계의 사건은 핵무기에 사용이 가능한 플루토늄이 관련되었다는 것이다.

이전까지는 핵무기에 전용할 수 없는 품질이 낮은 핵물질이었으나 최근의 사건에서는 핵무기 등급의 핵물질도 거래되고 있다.

더욱이 적발 건수는 해마다 계속 늘어 독일에서만 지난 2년 동안 핵물질의 압수 건수는 25 건에 이르고 있다.

이에 독일 정부는 내부조사를 실시하여 보고서를 작성하였고, 핵물질의 불법거래에 대한 심각한 우려를 표명

하였다. 독일 정부는 유럽원자력공동체(EURATOM)에 의뢰하여 압수된 핵물질을 분석한 결과, 플루토늄의 제조과정에서 생기는 특정상 이는 러시아의 핵관련 공장에서 제조되었다는 결론을 얻었다.

이에 러시아에는 고순도 핵물질을 밀수출하는 지하조직이 존재한다는 의혹이 강하게 일고 있다.

이미 수 kg의 고순도 핵물질이 시장에 나와 있다는 미확인 보도도 있으며, 어느 나라에서든 고순도 핵물질의 밀거래가 일어날 수 있는 것이다.

1994년 5월 독일 덴겐에서 적발된 순도 99%의 플루토늄 6g에 대하여는 북한이나 이란이 고객이었다는 보도가 있으며, 핵개발을 추진하는 국가가 이 사건에 연루되어 있다는 정보를 갖고 있으나, 이를 증명할 만한 증거는 명확하지 않은 상태이다.

러시아 모스크바에서 한 신문기자가 숨겨놓은 비밀 카메라로 핵물질 밀매 장면을 촬영하여 납용기에 들어 있는 핵물질 견본과 핵탄두의 사진을 보여 주었는데, 이는 핵무기 시설이나 군사시설에 내부 협력자가 있다는 것

을 암시하기 위하여 사용되었다.

러시아 정부도 관련 부처에 따라 다른 입장을 보이고 있다. 핵무기에 직접 관련되어 있는 원자력부나 국방부에서는 핵관리에 아무런 문제가 없다는 입장이나, 수사를 담당하는 치안당국에서는 밀수출이 가능하다는 위기감을 갖고 있다.

특히 민헨 공항에서 적발된 플루토늄은 서로 다른 플루토늄이 혼합되어 있는 매우 특수한 플루토늄으로서 고도의 전문 지식을 가진 핵무기 관련자가 관련되어 있음이 확실하다.

이는 핵무기 전문가와 범죄조직이 유착되어 일어난 것이라는 추측을 자아내고 있다.

러시아 중앙시베리아에 있는 비밀 군사기지인 톱스크의 핵물질 저장 창고에는 핵탄두 23,000두가 저장되어 있는데, 저장능력은 이미 한계에 도달했으며, 재고관리를 하고 있지 않아 실제의 계량관리가 힘들어 누가 훔쳐가도 확인을 할 수 없는 상황이다.

냉전이 종식되고 나서 러시아의 핵무기 생산은 1/10까지 축소되었으며 많은 관련자가 해고되었고 시설이 폐

왜되었다.

옛소련의 핵물질이 밀수출되는 것을 방지하기 위하여는, 핵물질 관련자의 근무의욕을 높이기 위해 급여의 지불이 보장되어야 하며, 또한 핵물질 유출에 대한 예방기술이 없으므로 서방국이 이를 제공하여야 한다.

아울러 핵보유국에 대하여도 IAEA가 회원국에 하는 바와 같이 핵사찰을 시행하였다면 현재의 상황은 더 나아졌을 것이라는 의견이 강하게 제시되고 있다.

## 대 책

### 1. 국가대책

핵물질 불법거래의 원천적인 책임은 해당 국가에 있다.

핵물질 불법거래의 요인에는 여러 가지 요소가 있으나, 가장 중요한 이유로는 국가의 핵물질에 대한 통제가 이완되고, 핵물질에 대한 물리적 방호가 충분히 시행되지 않아, 이들 관련 물질에 대하여 불법 거래 및 운송의 기회를 제공하는 것이다.

국가는 불법거래를 차단하기 위하여 핵물질 관리체제를 구축하여 이에 대한 강력한 운영이 필요하다.

핵시설에 대하여 핵물질의 불법전용의 가능성을 최소화하고, 사고발생시에 이의 확인 대응조치가 신속히 이루어질 수 있도록 제도적 장치가 마련되어야 한다. 이는 관련 법규 및 치안의 강화에 의해 해결할 수 있다.

핵물질 통제기관 및 원자력사업자,

치안기관 등이 모여 협력회의를 구성하는 것이 필요하다.

일반적으로 치안기관에서는 핵물질에 대한 전문적인 지식이 없으므로 핵물질 통제기관을 통한 교육이 필요하며, 특히 국경의 출입국 사무소 등에 대한 교육은 매우 중요하다.

국가는 핵물질의 불법교역 및 거래에 대하여 국가내에서 범집행을 강화하고, 양국 및 다국간의 협정을 통하여 협력을 강화하여야 한다.

### 2. 국제대책

핵물질 불법거래는 국제적인 거래로 이루어지므로 국제적인 공조체제가 필요하다. 이 문제를 풀기 위하여 양자 또는 다자협력이 매우 중요하다.

이를 위하여 IAEA는 관련전문가회의를 통하여 여러가지 대비책을 도출하여 추진하려고 하고 있다. IAEA는 회원국의 물리적 방호에 대하여 협약 및 국제 기술기준 이행에 대한 제도화를 추구하고 있다.

IAEA는 회원국이 적용할 핵물질의 물리적 방호체제의 기준을 INFCIRC/225/Rev.3 「핵물질의 물리적 방호」에 의하여 권고하고 있다.

미국, 일본 등 핵 선진국가는 이를 충족시키는 핵물질의 물리적 방호 국가체제를 구축하고 있다.

물리적 방호는 보장조치와는 달리 모든 책임이 국가에 있다. 이는 대부분의 내용이 국가 주권에 해당하는 내용이기 때문이다.

「핵물질의 물리적 방호」는 핵물질의 물리적 방호제도의 설립·유지에 필요한 물리적 방호목적, 국가의 핵물질 방호제도 요소, 핵물질의 방호 분류, 사용 저장중의 핵물질 방호요건, 수송시의 핵물질 방호요건등을 상술하고 있다.

물리적 방호 협약은 1974년 미국 키신저 국무장관에 의해 그 필요성이 제기되어, 1987년 2월 8일 INFCIRC/274 「핵물질의 물리적 방호협약」이 발표되었다. 현재 52개국이 이 협약에 가입하고 있다.

핵물질의 물리적 방호협약은 핵물질의 안전한 국제 저장, 사용, 운송을 통하여 핵물질의 평화이용 촉진과 핵무기 확산의 위험예방을 위한 것이다.

IAEA는 이 제도를 폭넓게 이행하려고 하고 있다. 이 제도적 규범은 양국협약 및 IAEA와의 기술협력시 국가체제 구축시의 기준이 되고 있다.

IAEA는 회원국에 국가핵물질계량 통제체제를 설립하고 그 기능을 향상시키도록 돕고 있다.

IAEA는 원자력의 개발도상국에 대하여 물리적방호지원을 강화하여 국가 체제를 설립하고 강화하도록 지원을 하고 있으며, 교육·훈련과정 제공, 전문가 파견 등을 시행하고 있다.

이 지원계획은 국가 핵물질계량과 통제요건 및 법적 제도를 강화하도록 통제의 기능에 대한 지원을 강화하고 있다.

차후 계획으로는 제도정비의 완결, 사업자의 계량통제 및 물리적 방호,

수출입통제기능을 양성하며, 국가 관리체계에 대하여 OSART(Operational Safety Review Teams)와 기능이 유사한 관련 전문가 팀을 구성하는 것을 검토하고 있다.

일부 국가, 특히 옛소련의 신생독립국(NIS)은 보유핵능력에 비하여 그 통제능력 부족이 인식되어, 1992년 IAEA의 협조하에 미국, 영국, 일본 등의 6개국이 양자협력 차원에서 벨라루스, 라트비아, 카자흐스탄, 우크라이나를 지원하고 있다.

IAEA는 1992년부터 몇개 정부의 간행물 및 대중매체의 핵물질 불법거래 사건보도에 대한 데이터베이스를 구축하고 있다.

아울러 회원국의 국가통제체제로부터 관련 핵물질의 위치 및 양에 대한 정보를 얻으려 하고 있다.

전면보장조치 당사국도 핵물질의 도난에 대한 보고 의무가 있으며, 보장조치사찰이 핵물질의 도난을 발견할 수도 있다.

현재의 데이터베이스 수준은 초보적이거나 정보분석은 행하여 지지 않고 있다.

핵물질 불법거래에 대한 중앙 데이터베이스를 구축하는 것은 매우 효과적인 것으로, 핵물질 및 기타 방사성 물질까지 적용하고 있다. 데이터베이스에 중요한 사항은 정보의 공개 정도이며, 보장조치 비밀준수(Safeguards Confidential)와 관련되어 매우 중요한 사항이다.

IAEA는 핵물질 불법거래와 관련하

여 당사국이 요청하면 분석 및 기술지원을 할 수 있다.

지원내용은 입수 또는 관련 핵물질의 화학동위원소 및 특성을 분석하고, 이의 불법 취급시에 유래하는 방사성 위험을 평가하는 것 등이다. 압수 핵물질의 출처를 규명하는데 분석 결과를 활용할 수 있으나 이는 상당히 민감한 문제로서 대외보안이 문제가 되고 있다.

### 우리나라 현황

우리나라는 핵물질의 물리적 방호 협약에 1981년 12월 29일에 서명하여 1987년 2월 8일에 협약이 발효되었으나, 기술적인 사항들이 원자력법에 반영되지 못한 상태였다.

그 후 1994년 원자력법 개정안에 핵물질의 물리적 방호에 관한 사항을 추가하여 원자력시설에 대한 물리적 방호 규정 및 검사를 시행하고자 하고 있다.

이와 관련된 기술적 사항은 IAEA INFCIRC/225/Rev.3 「핵물질의 물리적 방호」의 권고사항에 의해 시행령 및 시행규칙, 고시에서 자세히 규정될 예정이다.

원자력통제기술센터는 물리적 방호 심사 및 검사의 기술지원 등을 과학기술처로부터 받아 수행할 예정이다.

우리나라에는 아직 핵물질의 불법거래에 대한 보고는 없으나, 북한에 대한 우려는 대단히 높다고 보며, 최근 일본 TV에서 보도된 자료에 의하면 독일에서 일어난 불법 거래의 최종

고객이 북한 또는 이라크였다는 미확인 보도도 있었다.

우리나라에서도 핵물질 불법거래가 언제든지 일어날 수 있다는 인식이 필요하며 이에 대한 대책이 수립되어야 한다.

원자력통제기술센터에서는 출입국 관리소에 대한 교육을 1994년 11월에 시행하고, 세관이 핵물질 탐지기를 설치하기 시작하였으나, 핵물질 불법거래의 방지 및 대응을 위한 법적인 근거 마련과 이를 시행하기 위한 조직 및 인력이 보강되어야 하며, 관련 부서와의 협의회 구성 등을 통해 유기적 협력체제를 구축하는 등의 포괄적인 대책을 강화하여야 한다.

### 결 론

최근에 급증하고 있는 핵물질 불법거래는 핵물질확산 금지에 커다란 문제를 야기하고 있다.

우리나라도 핵물질 불법거래 발생의 가능성이 있음을 인식하여야 하며 이에 대한 국가적 대책을 마련하여 시행하여야 한다.

아울러 적극적인 자세로 국제사회에서의 신뢰도 증진을 위하여 국제기구에서 추진하는 방지대책에 적극적으로 참여하고, 지원이 필요한 국가에 전문가 파견, 기술훈련 제공 등 비용이 많이 소요되지 않는 분야부터 양국 협력차원에서의 지원을 통해 기여하는 것이 필요하다. ☉