핵확산의 관점에서 본 일본, 북한, 한국 핵 프로그램의 기술적 검토

John Large

영국 기계공학연구소 연구원

영국핵공학협회 회원

이 검토는 원전의 민간 핵 시설, 연료 가공, 재처리시설 그리고 더 일반적으로 원자력 기술이 핵무장으로 가는데 필요한 고품질의 물질을 획득하기 위해 어떻게 전개되는지 살펴보는 것이다. 현재는 핵무기가 없는 동북아 지역의 나라들, 특히 한국과 일본은 그들의 기술적 노하우와 고급 기술. 산업 시설로 효과적인 핵무기를 만들 능력이 있다. 그러나 충분한 양의 특별한 물질 특히 고도로 정제된 핵분열성의 고농축 우라늄(U-235)과 플루토늄(Pu-239)에 대한 접근이란 면에서 일본은 NPT 하의 IAEA 안전규정에도 불구하고 이것들을 충분히 확보한 반면 한국은 상대적으로 좁은 범위의 민간 핵프로그램(저농축핵연료 가공과 원자력발전)으로 한정되었기 때문에 이런 핵물질들을 거의 축적하지 못하고 있다.

북한은 영변 원자로에서 사용한 핵연료로부터 핵분열성 플루토늄을 이미 추출한 것으로 알려졌고 더군다나 북한은 핵물질 획득의 의도가 있음을 공개적으로 선언했으며, 핵무기를 이미 가지고 있을

가능성이 있다. 실제로 지금 영변 원자로는 플루토늄 재처리를 위한 사용한 핵연료 다발 추출을 목적으로 가동을 중단했다. 이런 추세라면 북한은 매년 1 개~3 개의 원자탄두를 가지게 될 것이다.

핵무기 개발과 보유의 일정을 예측하기는 어렵다: 북한은 아마 한국과 일본에 대응하는 배치를 할 수 있는 컴팩트하고, 강하며 실용적인 핵분열 장치를 이미 개발, 생산하였을 수 있다. 그런 점에서 일본은 거의 충분한 민간 원자력과 연료 산업을 갖춘 나라로서, 이미 일본이 소유하고 있는 핵물질의 설계와 가공을 몇 달 내에 할 수 있는 '사실상' 핵무장 국가로 인식되어야 한다. 일본은 북한이 개발했다고 여겨지는 원자탄보다 훨씬 더 파괴적인 핵융합 탄두(수소폭탄) 개발로 곧장 나아갈 수 있는 산업적 기반과 기술을 가진 나라이다.

현재 핵분열성물질(고농축 우라늄 또는 플루토늄)의 충분한 비축을 하지 않고 있는(또는 그렇게 선언하고 있는) 한국은 핵무기 제조단계로 빠르게 움직이고 있다. 그에 따라 한국은 6-9 개월 안에 현재 새워진 국제 통용상의 핵 물질 네트워크를 통해 핵무기가 불법적인 조달을 할 수 있다. 만약 가까운 미래 언젠가, 북한과 한국이 한국의 고도 기술에 결합될 때에는 6~9 개월 안에 일본과 같은 많은 핵 시설을 만들어 낼 것으로 예측된다. 한국은 자신의 핵 원자로 수조에 분열성 플루토늄이 유휴상태로 있지만 많은 양을 비축하고 있다. 이 플루토늄을 안정화시키기 위해 한국은 핵연료 재처리 기술을 습득해야 하고, IAEA(국제 원자력 기구)의 핵 안전협정을 위반해야 할 것이며, 한국의 핵연료를 넘어서서 미국의 사전적 동의권을 위반해야 할 것이다. 물론 수송 수단인 핵무기의 위협을 내포하는 것 또한 개선되어야 한다. 북한은 한국에 대한 공격과 대포동-1,2 호 사정거리내에 일본까지 핵탄두를 운반할 수 있는 미사일 시스템을 구축했다.

한국과 북한의 적대가 계속되고 있고, 때때로 호전적인 북한이 일본에 대한 명쾌한 공격, 핵무장하고 있는 중국과 러시아의 안전 위협 가능성 등 북동 아시아 지역 전체는 염려되고 불안정한 지역인 경향이 있다. 핵무기의 습득 필요성을 위한 한국과 일본의 준비된 노력에 그들의 의한 지정학적 상황, 두 정부 모두 의심할 여지없는 언급으로 굽히지 않는 부정을 할 것이다.

핵무기 기술은 극도로 민감한 사안이다. 핵무기관련 기술적인 세부사항, 제조 수단, 배치와 운송 뿐 아니라, 각국의 핵개발에 대한 야심과 활동내역의 많은 부분이 사실상 베일에 싸여있다. 이 국가들이 핵개발을 시도하고 있는지, 또 그렇다면 어떠한 방식일지, 혹은 이미 상당량의 핵무기를 보유하고 있는지의 여부도 알 수 없는 일이다. 이에 대해 핵확산과 핵무기 개발기술 통제 및 운송 시스템에 대한 안전조치와 국제협약이 존재하고 있다. 이들의 중심이 되는 것은 추가 의정서 체결로 현재 더욱 강화된 국제원자력기구(IAEA)의 핵확산금지조약(NPT) 감사활동이다. 그러나, 이러한 통제에도 불구하고 한 국가가 핵무기를 개발하기로 마음만 먹으면 공공연히, 또는 비밀리에 실행할 수 있는 여지는 충분하다.

북한의 경우와 같이 통보 후 협약을 파기하거나 비밀리에 진행, 또는 원자력 개발사업을 명분으로 삼을 수도 있는 것이다. 핵탄두는 정련된 고품질 원료들의 복잡하고 정교한 조합으로 이루어진다. 기본적 구성을 살펴보면, 핵탄두 제조에 필요한 모든 핵원료는 고농축 우라늄이나 초우라늄의 부산물인 플루토늄과 같은 천연 우라늄으로부터 나온다. 핵의 폭발력은 이 원료들의 초고속 원자분해가 절정에 이르면서 생겨나게 된다. 원자폭탄은, 준임계치의 두 고농축우라늄을 초고속으로 충돌시켜 하나의 고임계치 덩어리로 결합시키면서 원자 분해하는 수십킬로그램 정도의 고농축 분열성

우라늄을 이용해 만들 수 있다. 석유배럴 정도의 길이로, 1 슬러그의 고농축우라늄을 정적 우라늄 표적 또는 진공튜브화하여 방출하는 이런 종류의 무기구조는 "총포 구조물"이라고도 불린다. 핵탄두와 원자폭탄의 파괴력을 높이기 위해서는, 농축 분열성 우라늄의 원소들을 수킬로그램의 고분열성 플루토늄 (결정체로 분쇄, 붕괴되어 일반적인 폭발성 외피로 둘러싸인 속이 빈 껍데기로 구성되어 있음)으로 대체하는 방법이 있다. 럭비공과 흡사한 크기와 모양을 가진 이 구조물은 "내파"장치라고 불린다. 원자폭탄의 파괴력과 안정성을 높이기 위해서는, 플루토늄핵의 초기 원자분해를 활성화하는 것이 유리하다. 이것은 베릴륨과 결합된 작은 콩만한 크기의 방사성 폴로늄을 삽입하거나, 3 중수소와 중수소의 융합으로 중성자를 생성하여 핵탄두의 중심분열층에서 중성자폭발을 일으킴으로써 가능하다. 이 두 가지 방법 모두는 방사능 물질 생성을 위한 원자로를 필요로 하며, 중수소나 베릴륨의 분리와 3 중수소의 원료인 리튬 공급을 위한 일반 비핵 화학 공장이 필요하다.

핵탄두의 파괴력은 원자분해단계(원자폭탄)가 핵융합 단계를 유도하는데 쓰이면 증가하게 되는데, 이것이곧 수소폭탄의 기본이 된다. 이 과정을 위해 원자폭탄의 집약적이고 순간적인 에너지가 수킬로그램의 3 중수소와 중수소를 융합시키는 데 사용된다. 3 중수소는 핵탄두 내에서 일반적 화학공정을 통해 만들어지는 리튬 금속과 중수의 수소화합물인 혼합연료로부터 생성된다. 이보다 한층 심화된 핵파괴력은 융합에너지가 혼합단계의 열화우라늄(U238)의 외피 원자분해에 사용될 때 발생하게 된다. 앞에서 살펴보았듯이, 핵탄두의 분열성분은 고농축 우라늄-235, 또는 동위원소 플루토늄-239 가 풍부한 적은 양의 플루토늄(3~7kg)으로부터 만들어질 수 있다. 플루토늄이나 우라늄의 두 경우 모두 초기 폭발단계를 위한 수 킬로그램의 열화 우라늄, 핵반응 시작을 위한 몇

그램의 3 중-2 중수소 또는 폴로늄, 그리고 베릴륨과 고농도 폭발물이 필요하며, 탄두가 융합과정을 포함하는 경우에는 리튬-중수소화물 연료팩, 플루토늄 또는 농축 우라늄 몇 킬로그램, 융합/분열 외피 확보를 위한 열화 우라늄 20kg 이 추가적으로 요구된다. 이 원료들은 군사시설에 의해 조달되거나 핵발전소에서 생성 및 추출할 수 있으며, 해외의 국가나 조직으로부터 수입해 들여올 수도 있다. 핵무기 설계를 위한 기술적인 노하우의 어려움은 우선 제쳐두더라도, 기술과 원료제조의 문제는 잠재적 테러국가나 조직이 상당한 파괴력을 가진 실제적 핵무기를 확보하는 데에 걸림돌이 된다. 물론 이것은 그저 잠재적인 핵원료와 상대적으로 낙후된 제조공장을 가지고 있다고 해서 방대한 지역에 핵분열 부산물과 방사능 잔해를 살포하기에 충분한, 상대적으로 낮은 핵파괴력을 가진 방사선이나 더러운 폭탄을 생산할 수 없다는 것을 의미하지는 않는다. 이러한 종류의 테러용 무기가 현재 이용되고 있는 기존의 폭발물들보다 특히 심리적/경제적인 측면에서 더욱 위협적이고 해로울 것이라는 것에는 의심의 여지가 없다.

핵무기고를 갖기로 작정한 나라들이 실행할 수 있는 대안에는 몇 가지가 있다. 첫째, 무기제조를 위해 완전히 고립된 군사산업단지를 세운다. 둘째, 기존의 원자력 발전에서 사용되는 반응물질, 연료제조 및 가공 설비를 필수핵 원료의 공급에 활용한다. 셋째, 다른 나라나 상업회사들로부터 성분원소나 거의 반응이 완료된 원료 등을 입수한다. 핵무기고를 세운 과거의 사례를 보면 다음과 같다. 1. 미국 - 착수단계에서부터 무기개발 계획에 입각한 고립형 군사산업단지를 (Los Alamos 부근을 중심으로) 설립, 2. 영국 - 전기를 생산하는 원자력발전소 (Magnox 발전소)에서, 이미 사용된 연료의 재가공(Sallafield)기술을 활용 3. 보다 최근의 사례로 파키스탄, 좀더 구체적으로는 중심적 역할을 맡고

있는 무기학자 압둘카디르칸이 국가 및 조직들 간에 핵기술을 거래하는 비밀 네트워크를 운용. 핵개발의 착수부터 실험에 이르기까지의 개발 소요 기간은 자원의 확보와 긴급성에 따라 현저하게 달라지기는 하지만, 상대적으로 몇 년이라는 짧은 시간이 걸린다.

일본

비록 일본이 제 2 차 세계 대전을 치루는 동안 행했던 초기 핵무기 프로그램의 깊이와 성과가 증명되지는 않았지만, 그 당시 북한 흥남에서 자체적으로 핵무기 프로그램에 착수했던 사실 등이 보여주듯 아마도 핵무기 프로그램을 시행했을 것으로 추정된다. 일본에서는, 평화적인 목적 이외에 핵활동을 개발 연구하는 것에 대한 지속적인 제약이 있었다. 그러나 일본 정부는 화석 연료(석탄, 석유,가스)가 심각하게 부족하기 때문에 에너지 안정을 유지하기 위해 핵활동을 하겠다고 선언했다. 그리고 일본 정부는 강력하게 핵 에너지와 핵 연료 순환에 집중하여 핵 에너지로 전체 전기 필요에 40%를 생산해내고 있다. 영국과 프랑스에서 실행된 방사선 연료 재처리 과정과는 달리, 일본의 민간 핵 분야는 거의 핵 원자로 유형(경수로와 원형 고속증식로) 범위,우라늄 농축,민간 연료 제조시설,그리고 토키아에서 연료 분리(재처리) 공장 을 고안하고, 만들고 작동시키는데 있어서 독립적이다.

현재 실행되고 있는 임무는 로카쇼무라에 시판용 크기의 재처리 공장이다. 그곳에서는 연간 800 톤의 원료를 처리하고 있고 그것으로 일본은 2006 년, 혹은 그 직후에 민간 핵 활동에 있어서

완전히 자급자족 하게 될 것이다. 일본은 또한 핵연료를 다양화 하는 정책을 약속하고 있고, 혼합 산소 연료(mixed oxide fuel)의 부분적 핵 로딩을 수용하기 위해, 현재 작동 가능한 경수로를 도입하고 있다. 최근까지 대략 5 톤가량의 MOX 연료가 유럽에 근거지를 둔 연료 제조사에서 일본으로 운송되고 있다. 여기서 향후 5 년간 5~10 톤이 더 보내질 것이다. 일본은 광범위한 연구 원자로를 작동시킨다. 그중 일부는 핵무기 제작 프로그램에 필요한 다른 핵물질(폴리늄/티타늄)을 생산할 수 있다. MOX 연료에 필요한 것 중 하나인 플루토늄 뿐만 아니라, 일본은 상당한 원자로 등급의 플루토늄을 일본 국내외에 보유하고 있다. 현재(2004 년 3 월) 핵분열을 할 수 있는 플루토늄은 29 톤이다, 잠재적으로는 아직 재처리 되지 않은 방사선 연료 저장고에 76 톤을 더 보유하고 있다. 그리고 그 상당한 부분이 일본에 있다.

북한

1992 년 5 월 북한은 IAEA 에 1986 년이래 영변에서 작동한 5MW 연구 원자로 에서 추출한 결손 연료봉을 일괄 재처리하는 것으로부터 보호되는 플루토늄을 분리하여 90 그램을 얻었다고 보고했다. IAEA 의 최종 분석에 따르면 IAEA 는 1989 년 이래 방사선 원료를 소량 재처리 해온 것을 확신한다고 하였다. 그 때 이후로, 북한이상당향 양의 방사선 연료봉과 고등급 추출 플라토늄을 재처리 한 것이 분명해졌음에도 불구하고, 그것은 결론적으로 북한이 작동 가능한 핵무기를 비축하고 있다는 것을 절대 증명하지 못했다. 알려진 것은 북한도 인정했듯이, 북한이 활발하고 지속적인 핵무기 프로그램을

가지고 있다는 것이고, 미국 정보통에 의하면 초기에는 플루토늄 분리에 집중하다가 나중에는 우라늄 고농축에 관여했다는 것이다. 심지어 IAEA 의 조사를 받는 동안에도 북한은 플루토늄을 추출할 수 있었으며 2002 년 12 월 IAEA 조사단을 추방하기 전에 북한은 6~24kg 가량의 플루토늄을 추출했던 것으로 추정된다. 다음 1 월에 북한은 NPT 로부터 탈퇴했고, 20~30kg 의 플루토늄을 더 추출하기 위한 재처리를 하려고 8000 정도의 방사선 연료봉을 원자로 사용후핵연료 저장조로부터 이동시켰다. 더욱 최근에,영변의 핵 복합소의 위성 사진은 플라토늄을 생산하는 원자로들이 작동을 멈추었고 (2005 년 4 월 7 일) 아마도 재처리를 위해 연료를 방전할 준비가 되었을 것임을 암시한다. 북한 핵 프로그램의 잠재 능력은 불안정하다. 영변에 있는 완료되지 않은 200 메가와트의 원자로와 태천에 있는 700 에서 800 메가와트의 원자로는 만일 완료되고 실행된다면, 완전 가동하에서 연간 275 킬로그램의 플루토늄을 생산할 것이다. 더욱이, 최근 북한이 우라늄 농축 프로그램에 착수했다는 의혹은 아마도 특별히 선진 핵무기 기술이 필요없는 복합 핵 무기를 개발하여 제한된 량의 플루토늄을 이용했을 것이라는 것을 암시한다.

한국

한국은 1950 년대 처음으로 핵기술에 관여했으나, 1970 년이 되어서야 첫번째 에너지 원자로 건설을 시작했다. 1970 년대 초 한국이 핵무기 개발 프로그램에 착수했었다는 것은 확실하다. 그 프로그램에는 시범 연료 재처리 공장을 공급하겠다는 한국과 프랑스 양자간 합의가 있었다. 하지만

미국의 압력과 함께 그 프로그램은 분열성 물질을 만들기도 전에 한국이 1975 년 4 월 핵확산 방지 조약(NPT)에 서명한 것을 승인하면서 폐기된 것으로 보인다. 핵확산방지조약에 서명한 이후에도 한국은 캔두와 같은 중수로 원자로를 구입하기 위해 협상을 했지만, 또다시 미국의 압력으로 이것은 벨기에로부터 MOX 연료 제조 시설을 구입하려는 시도와 함께 좌절되었다. 1990 년대에 한국은 해외에서 MOX 연료 확보를 위한 연료 재처리과정에 강한 관심을 표시했다. 그리하여 한국은 프랑스의 코제마(COGEMA)와 울진 경수로에서 나온 사용후핵연료를 처리하는 협상 단계까지 진도가 나갔다. 더욱 최근인 1991 년 한국은 핵무기를 제조,소유,저장,배치,혹은 사용하지 않겠다고 선언했으며, 그 해 후반, 남북한은 쌍방 조사 기구를 위한 조항을 실행하는데 실패했음에도 불구하고, 한반도 비핵화 공동선언에 승인했다. 한국의 핵에너지 프로그램은 주로 경수로이다. 이에 16 개의 가압수형 경수로가 작동중이고 8 기의 가압수형 경수로가 발주중이거나 건설 중에 있다. 흥미로운 것은 한국은 또한 네 개의 캔두형 중수로를 가동하고 있다는 것이다. 캔두형 중수로는 천연 우라늄을 연료로 이용한다. 2004 년도에는 IAEA 의 압력 하에서 한국은 공개적으로 1979 년도부터 1981 년도까지 화학 우라늄 농축을 했다는 것을 드러내며 과거 비밀리에 핵연구 활동을 했다는 것을 공개했다. 1982 년 소량의 플루토늄을 분리했으며, 2000 년도에는 우라늄 농축을 실험했고, 1983 년도부터 1987 년도까지 감손 우라늄 무기를 제작했었다.

이중 기능의 핵 시설– 기술의 이전

군사적으로든 민간용으로든, 이러한 물질들을 제조, 조달, 정련, 농축하는 과정은 완전히 일치한다. 이 물질들이 군사용인지 아니면 민간용인지는 우라늄의 농도와 플루토늄의 동위원소 정련 수준으로만 식별할 수 있다. 다시 말하면, 본질적으로 같은 공장에서 이 두 물질을 분리시킬 수도 있고 가공할 수도 있다는 것이다. 군사용 제조인지 민간용인지를 구분 짓는 것은 가공의 정도와 어떤 통제 방법을 사용했는가의 차이일 뿐이다.

나아가서, 원자력을 민간용으로 사용하는 적용범위가 확장됨에 따라, 최근까지만 해도 거의 군사용으로만 제한되던 영역까지도 교차해서 사용되는 폭이 넓어지고 있다. 이는 특히 플루토늄에 있어서 그러한데, 일부 연구 개발용 고속증식로와는 달라, 플루토늄은 근본적으로 원자로의 연료로서의 민간용 원자력으로는 전혀 적합하지가 않다. 또한 플루토늄은 머나먼 장래가 아니고서는 상업화 될 가능성도 거의 없다. 하지만 지난 10 년간 플루토늄은 민간용 경수 원자로(PWR/BWR)의 비교적 보편적인 연료인 혼합산화물(MOX)로 변환되어 왔다. 민간 원자력 발전소에서 플루토늄을 이용하는 것이 정착된다면, 세계 어디에서든지 플루토늄을 이전하거나 사용하는 것이 상당히 일반적인 추세가 될 것이다. 민간 원자력 발전소에서 플루토늄을 원료로 한 MOX 연료의 사용을 늘려간다면 핵무기 개발 능력을 전 세계적으로 확산시키는 불씨를 키우는 일이 될 것이다.

이제, 핵 기술과 산업화의 본성이 너무나 변질되어 왔기 때문에 상대적으로 아직 산업화되지 않은 국가들로서는 민간 원자력 개발계획의 보완책으로 핵 물질을 공급하고 조달하는 것이 그야말로 현실적인 일이 될 것이며, 그렇게 되면 고의든 아니든 핵 무기의 개발을 위한 잠재력과 기회를 갖추게 될 것이다.

어느 한 나라가 그럴 의도가 있다고 할 경우, 그 나라의 민간 원자력 개발 활동과 연구 분야의 다양성과 규모는 핵 탄두의 개발 과정을 진행시킬 수 있는 능력의 신뢰성 있는 지표가 된다. 물론 민간 원자력 산업을 개발하는 국가라고 모두 핵 무기 보유력을 갖추려고 하는 것은 아니지만, 원자력 활동의 방향과 규모가 핵 무기 개발의 잠재력을 나타낼 수는 있는 것이다. 또한 핵 시설에서 무기급 생산품을 제조하면서도 신고를 하지 않는 나라들도 있다.

동북아 국가 중 민간 핵 기반시설을 갖추고 있는 현황은 다음 표와 같다. [표 1]

	URANIUM REFINING CONVERSION UO_2t/Y	URANIUM ENRICHMENT Ut/Y	FUEL FABRICATION Ut/Y	MOX Ut/Y	D2	H3	REPROCESS Ut/Y	CIVIL NUCLEAR PLANTS Nº - MW_e	R& D REACTORS Nº	WEAPONS STATUS OR PRODUCTION CAPABILITY
HINA	§	*400,000 diffusion/cen'fuge	§	-	§	§	§	3/2,100 6 units planned	7	YES – Arsenal of ~ 500
JAPAN	*120	*202,750	*1,565 U 60 MOX	§	§	º	*210 800	54/45,528	6	U+P+DT+H
SOUTH KOREA	*300	-	*550 PWR 700 CANDU	-	YES	YES	-	13/11,389	1	DT+H
NORTH KOREA	§	§	§	-	§	§	§	1/5	1	U+P+DT+H
TAIWAN	-	-	-	-	-	-	-	6/5,144	2	DT+H

IAEA 의 안전 보장 – NPT 의 기술 감독

지난 20 년 동안 핵 기술과 산업화의 본질이 너무나 변질되어 왔기 때문에 상대적으로 아직 산업화되지 않은 국가들로서는 민간 원자력 개발계획의 보완책으로 핵 물질을 공급하고 조달하는 것이 그야말로 현실적인 일이 될 것이며, 그렇게 되면 고의든 아니든 핵 무기의 개발을 위한 잠재력과 기회를 갖추게 될 것이다.

선진 핵 보유국들이 이제 원자력의 첫 발을 내딛는 국가들에게 진보된 민간 원자로와 핵 추진 절차를 제공해 준 결과로 민간과 군의 핵 기술에는 상호 중복되는 부분이 증가하고 있다. 그러자 이들 국가들이 선진 국가들에 대한 의존에서 스스로 벗어나, 특히 우라늄 정련 및 방사 연료 재처리 시설물을 포함한 핵 연료 순환 시설과 같은 자체 개발한 시설들을 도입하게 되었다. 이렇게 새로 부상한 핵 보유국들은 최근 들어 핵 물질이나 기술자, 기술 등을 자기들끼리의 직거래(들리는 바에 의하면 남아공과 이스라엘이 1970 ~ 800 년대에 실행) 또는 파키스탄에 근거를 둔 압둘 카디르 칸의 핵 교역 웹 사이트 등을 이용한 복잡한 네트워크를 통한 거래를 시작해왔다. 이러한 변화의 결과로 이제 미국처럼 산업화가 달성되고 종종 핵을 정치적으로 이용하기도 하는 국가들을 상대하지 않고도 수 많은 국가들에게 핵 관련 기술을 보급하게 되었다는 것이다. 물론 모든 핵무기의 핵심 디자인과 제조기술은 일부 국가들의 손아귀에서 통제 및 유지되고 있기는 하다. 이러한 새로운 자유가 국제 원자력 기구(IAEA)의 지구 상의 핵 무기 개발 감시 활동을 상당히 곤경에 빠뜨렸으며, 더욱이, 역시 미국을 필두로 한 몇몇 강대국들이 핵 기술이나 핵 연료 핵 분열 물질 들에 가했던 여러 가지 통제와 구속 또는 금지 사항들을 완화시켰다.

이러한 변화가 IAEA 의 두 가지 역할 - 하나는 핵 무기 기술 및 물질의 확산을 단속하는 일이고 다른 하나는 원자력을 평화 목적으로 사용하도록 권장하는 일 - 수행에 어려움을 초래하였으며 또 위기에 빠뜨리기도 하였다. 전자의 역할을 수행하는 일은 더욱 까다로워졌는데, 이는 원자력과 핵 무기의 핵심 기술을 중첩되게, 갈수록 복잡하게 받아들이면서 민간 원자력 시설들이 진보했기 때문이다.

IAEA 는 핵 비확산을 통한 안전 보장이라는 기능을 수행하기 위하여 핵 물질이 설치된 장소에서 이동하거나 사용되는 현황을 모니터 한다. 이러한 IAEA 의 안전 보장 시스템에 초석이 되는 것은 핵분열 물질, 즉 고농축 우라늄과 플루토늄의 획득 가능성과 사용을 통제하는 것이다. 이를 위하여 IAEA 는 핵 원료 순환의 모든 단계, 즉 우라늄의 채굴에서부터 가공, 핵 연료의 사전 방사선 노출 관리는 물론 방사성 물질의 배출 및 폐기에 이르기까지의 전 과정을 감시한다. NPT 추가 의정서의 서문에서 현대 기술이 처음으로 소개하는 몇 가지 새로운 도전에 대하여 언급하기는 하지만, 주최국에서 최초로 지적한 바와 같이 압둘 카디르 칸과 같은 네트워크의 복잡성을 파헤치는 일은 다소 부담스럽다.

또한 IAEA 의 감시 시스템을 효율적으로 가동하기 위하여는 기본적으로 그 어느 작은 국가라도 모든 핵 시설물을 IAEA 에 신고하여야 한다. 이렇게 하여 관찰이 가능한 시설들을 'safeguarded'라고 한다. 그러나 다수의 국가들이 'unsafeguarded' 상태인 핵심 시설물들을 IAEA 의 감시를 받지 않은 채 운영하고 있다. 어떤 국가들은, 모든 핵 시설물을 IAEA 의 관찰을 받겠다고 다짐하는 핵확산 방지조약의 비 서명국으로 남아있기도 하다.

Safeguarded 인 시설물이라고 해도, 특히 우라늄 농축 및 연료 재처리 시설물에서는 핵 원료의 투입량이 너무 방대하여 중위의 핵 탄두 프로그램을 진행시키기에 충분한 양의 원료를 감지 당하지 않은 채 즉각 전환할 수 있다(unaccounted for). 플루토늄의 추출을 위해 방사선을 쪼이지 않은 연료를 재처리하는 작업은 각각이 여러 날을 필요로 하는 배치 작업이므로, 이러한 재처리 시설은 지속적으로 관찰할 필요는 없지만, 신고 여부를 불문하고 모든 보조 원자로의 연료 핵심부 재고관리 사항은 그때그때 일지에 기록하여야 한다.

위원회의 결정이 있는 경우라면, 특정의 개별 국가는 핵확산 방지조약의 규칙과 안전 보장 범위 내에서 술래잡기 게임을 할 수 있다. 그 나라는 제약 없이 고유한 민간 원자력 기술을 발전시킬 수 있다. 우라늄 재고의 확충이나 방사되지 않은 연료의 재처리를 포함한 그 나라만의 독자적인 핵 연료 공급을 구축할 수도 있으며, 민간 핵 프로젝트 수행을 위해 외국의 기술 지원도 받을 수 있다. 또한 핵융합을 포함한 진보된 핵 처리 기술과 공정에 대한 연구 개발을 이끌 수도 있다. 다시 말하자면, 위원회의 결정을 받은 국가는 공정이나 물리적 시설물, 기술적인 노하우, 그리고 핵 무기 제조에 필요한 핵분열 물질에 이르기 까지를 적법한 민간 원자력 개발 절차를 준수하기만 하면 획득할 수 있는 것이다. 민간 원자력과 핵 무기의 기본적인 요구사항이 일반적으로 상당량을 공유하기 때문에 진보된 민간 원자력 프로그램은 자연히 이중적인 처리 능력을 가지게 되기 마련이다.

IAEA 의 입장에서는 단지 관찰하고 조사하는 기능 밖에는 가지고 있지 않다. 그렇지만 대상물의 위치가 어느 곳인지를 불문하고, 모든 관련된 시설물에 빠짐없이 접촉을 해야 하며, 관련된 모든 물질을 물리적으로 측정하고 계산해야만 한다. 방사성 물질의 폐기와 유출을 관찰하면서 IAEA 는

정말로 합법적인 민간 시설물과 비밀스러운 군사적 시설을 식별해 내야 한다. 그러나 그 차이점은 두 분야의 기술이 통합되어감에 따라 이제는 거의 감지할 수가 없는 상황에 다다른 것이다.

GENERAL	Data entries refer to status in 1998 and exclude closed down civil plants - established nuclear military plants are not necessarily included.
	Where known, the total installed capacity of plants is given in tU/year (uranium tonnes), which also applies to the <u>feed</u> of irradiated fuel tonnage to reprocessing and heavy water t/year output for deuterium (D2) plants. For civil nuclear power stations number of reactors followed by total power capacity in MWe. Research (R& D) reactors under 0.25MW output are not included. Tritium (H3) plants exclude low activity sources.
*	means that facility is listed as a civil plant
-	nothing recorded, although undeclared plant may exist
§	such a plant most probably exists but not declared
o	OR technology and 'know how' readily available where trading of materials and/or known or alleged nuclear technology exchanged between countries, prefix indicates source or exporting country as listed, but incomplete and generally excludes trading between established nuclear nations
	POTENTIAL indicates potential of country to transfer civil technology, plants and materials to nuclear weapons manufacturer <u>if it had the intent</u> assuming technical 'know how' acquired: **U** enriched uranium A bomb, **P** plutonium fissile pit A bomb, **DT** fusion boosted atomic stage, **H** thermonuclear capacity.