

〈우리나라에서도 核融合기술개발을 위한 연구활동이 활발하다. 原子力연구소에 설치된 Tokamak 핵융합연구로〉

〈특집 Ⅲ〉 '94 夏季ANS 연차대회 발표논문

原子力에너지의 우위성 성취 핵확산 방지 관성핵융합 기술개발

John H. Nuckolls

미국 로렌스 리버모어 국립연구소 부소장

“핵확산이 민주주의를 위협하고 있다”

이 글은 1994년 6월 20일 미국 루이지애나주 뉴올리언스시에서 개최된 미국원자력학회(ANS)夏季年次대회에서 Nuckolls 박사가, 점차 관심이 높아져가고 있는 핵융합(특히 관성핵융합: Inertial Confinement Fusion)문제에 대해 준비된 논문을 발표하면서 인류가 해결해야 할 가장 시급한 문제로써 “핵무기확산”을 거론하는 한편 이 위험을 잠재우기 위해서도 核融合개발을 위해 장구한 세월을 걸쳐 어려운 기술적 난제들을 풀어가는데 도전해야 한다고 역설한 내용이다.

여기서는 먼저 「핵무기확산 방지」문제를 이번號에 싣고 核融合문제는 다음 號에 싣기로 한다.

원자력 에너지 수요증가

원자력에너지는 인구증가와 경제 성장, 에너지수요 증가, 지구온난화 등 21세기에 당면하게 될 문제들을 해결하는데 중요한 역할을 하게 될 것이다.

이같은 큰 문제들은 직접적인 연관성을 가지고 있는 것도 아니며 그 내용이 충분히 파악돼 있는 것도 아니다.

복잡하게 엉켜있는 지구라는 시스템하에서 원자력에너지의 경쟁 우위

성을 달성한다는 것은 많은 요인들이 작용하는 복합적인 도전이라고 볼 수 있다.

원자력에너지는 그 경제적인 우위성과 에너지안보에 대한 위협 및 지구온난화현상 등의 요인으로 인해 더욱 발전해 나가겠지만 동시에 핵무기확산, 방사성폐기물, 원자로의 안전성 등의 문제로 인해 그 확산이 제약을 받게 될 것이다.

이같은 긍정적인 요인과 부정적인 요인들은 서로 연관돼 있다.

예를 들어 가까운 장래에 중동지역에서 핵확산이 이루어지는 경우 에너

지안보가 위협받게 되어 결국 원자력 에너지의 수요가 증가하게 될 것이다.

미국 에너지성 산하의 핵무기연구소들은 핵무기의 해체 및 확산금지, 방사성폐기물의 저장 및 소각처분, 원자로의 안전성 및 연료농축, 지구온난화, 핵융합에너지의 장기개발 등의 많은 문제들을 다루고 있다.

오늘 나는 이 자리에서 로렌스 리버모어 국립연구소(LLNI)에서 현재 진행중인 두가지 연구사업을 중점적으로 말하고자 하는데, 하나는 핵무기 확산문제이고 또 하나는 慣性핵융합(ICF)에너지 개발문제이다.

I. 핵 무 기 확 산 문 제

원자력 역사를 통해 원자력에너지의 군수 및 민수산업에의 적용은 서로 밀접한 관계를 갖고 있다.

즉 양분야는 모두 핵분열을 이용하고 있으며 사용중인 핵분열성 연료는 원자로나 동위원소 농축과정을 통해 생산되고 있다.

플루토늄 재고량 증가

지난 해 9월 클린턴 미국 대통령은 UN총회에서 가진 연설을 통해 점차 심화되고 있는 핵확산의 위협에 대해 이렇게 경고했었다.

“우리가 세계의 가장 가공할 핵무기의 확산을 방지하지 않는다면 민주주의는 살아남지 못할 것이다.

나는 핵확산 금지를 우리나라의 최우선 과제의 하나로 보고 있다. 우리는 이 문제를 우리가 현재 맺고 있는 전세계 국민들과 기관들과의 모든 연관관계에 보다 깊숙히 반영시키려고 한다...

우리는 핵무기용 물질을 통제하기 위한 새로운 대책을 강구할 것이다. 세계적으로 플루토늄과 고농축우라늄 재고량이 증가하고 있는 것은 모든 국가들에게 핵물질에 의한 테러행위의

위험성을 불러일으키고 있다...

냉전의 종식이 우리에게 영구적인 평화를 가져다 준 것은 아니다. 이것은 단지 인종, 종교, 지역 등 간의 적대감에 차 있는 많은 솔의 투쟁을 벗겨 놓은 데 지나지 않는다.

우리는 세계에서 가장 위험한 무기가 안전하게 줄어들고 위험한 손아귀에 들어가지 않도록 힘쓰지 않으면 안 된다.”

여분의 핵물질 항상 위험

최근 미국 과학원내의 국제안보·무기관리 전문위원회(CISAC)는 미국과 옛 소련의 핵무기 해체에서 나온 많은 양의 플루토늄을 관리하는 방법에 관해 보고서를 낸 일이 있는데 그 내용을 소개하면 다음과 같다.

“이같은 여분의 핵물질이 존재한다는 것은 국가적으로나 국제적으로나 그 안보에 명백하고도 실질적인 위협을 내포하고 있다고 볼 수 있다.

지금까지 알려진 어떠한 핵물질관리방법도 이같은 위협을 완전히 제거할 수는 없으며 모두 이같은 위협을 줄이는데 불과하다.

더구나 이 방법 중 어떠한 것도 적어도 앞으로 10년내에는 핵무기에서 제거된 여분의 플루토늄 재고량을 상당량 줄일 수 있을 것으로는 기대할 수 없다.”

CISAC 조사결과에 따르면 현재 세계의 플루토늄 재고량은 군사용 및 민간용을 포함해 대충 1,100톤에 이를 것으로 추산되고 있으며, 2000년까지는 이 재고량이 약 1,700톤에 달할 것으로 전망되고 있다.

미국은 이미 러시아로부터 고농축 우라늄(HEU) 500톤을 구입하기로 합의를 보았는데 현재 HEU의 세계 재고량은 1,000톤이 넘을 것으로 추산되고 있다.

획기적 핵연료주기 개발

고농축우라늄과 무기용 및 원자로용 플루토늄은 모두 핵무기를 만드는데 사용될 수 있다. 이 점에 관해 CISAC는 다음과 같이 밝히고 있다.

“나가사키에 투하된 원폭처럼 비교적 간단한 설계에 의해서도 최소한 TNT 1~2천톤의 핵폭발물을 만들어 낼 수 있는데, 이 정도의 기술은 많은 나라와 일부 단체들에서도 개발할 능력이 있는 것으로 보여지며, 여기에 사용되는 재료도 원자로용 핵물질로

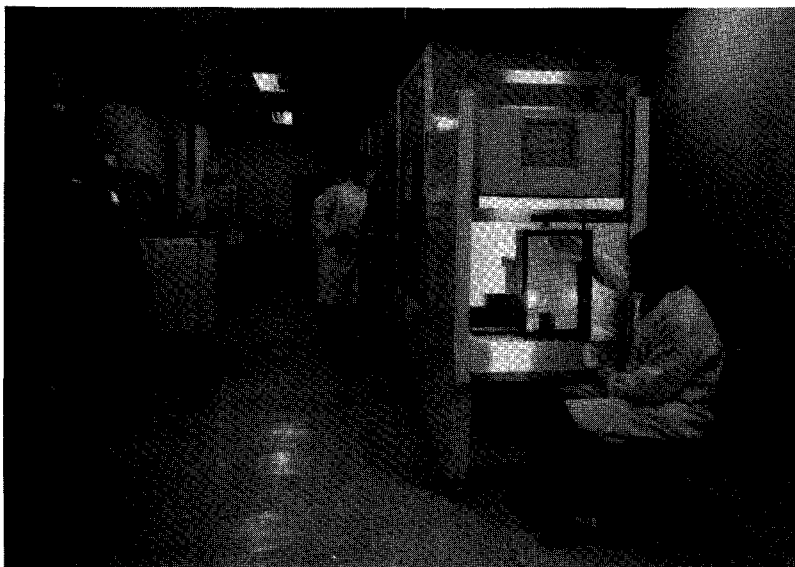
가능할 것으로 본다.”

무기용 플루토늄 재고량 여분에 대해서는 CISAC는 다음과 같이 권고하고 있다.

“무기용 플루토늄을 사용후연료로 전환시키기 위해서는 특별히 개발, 건조된 개량형 원자로를 마련해야 한다. 왜냐하면 기존 또는 발전형 원자로를 사용함으로 보다 신속하고 경제적이고 확실하게 이 목적을 달성할 수 있기 때문이다.”

“미국은 모든 형태의 플루토늄과 고농축우라늄에 대한 안전조치와 핵물질방호대책을 개선하기 위해 새로운 국제적인 대응책을 모색하고 있다.

이같은 국제적인 노력에는 세계의 플루토늄 재고량을 거의 완전히 없앨 수 있는 장기적인 방법을 포함해, 보다 근본적으로 핵확산을 방지할 수 있



〈原子力은 어디까지나 平和的 목적을 위해서 사용되고 연구개발되어야 한다.

한국 原子力연구소의 放射性 동위원소 생산 시설.

질병 치료, 농업개발 등에 이용된다〉

는 핵연료주기의 개발도 포함된다.”

IEAE사찰만으로 완벽 기할 수 없어

핵무기확산을 방지해온 중요한 요인들이 지난 반세기동안 점차로 약화되거나 완전히 없어졌다. 즉,

- 핵무기의 비밀이 무한정 지켜질 수는 없다.
- 과학기술이 널리 보급되고 또한 그 변화도 계속되고 있다.
- 국내총생산(GDP)도 증가하고 있다.
- 이라크와 북한의 예로 보아 IEAE의 사찰과 수출통제가 이미 그 약점을 드러냈다.
- 많은 사람들이 이미 핵무기에 대한 경험을 갖고 있다.
- 다량의 플루토늄과 고농축우라늄이 지금까지 생산돼 왔지만 이에 대한 통제는 제대로 되지 않았다.
- 현재 무수한 핵무기가 존재하고 있다.

이 점에 관해 레스 에스핀 전 미국 방장관도 이를 핵무기의 일부가 통제력을 상실해 마치 고삐 풀린 핵무기와 같은 위협적인 존재가 될 가능성이 있다고 경고한 바 있다.

이 같은 상황변화 때문에 21세기에 들어가서는 더욱 더 많은 나라들이 핵무기를 개발하거나 보유하게 될 것으로 보인다.

「샘 년」의원의 진단

1994년 5월 로스 알라모스 국립연구소에서 열린 핵확산에 관한 한 회의에서 미 상원 군사위원회 의원장인 샘 년 의원은 핵무기와 기타 대량파괴무기가 가져오는 세계적인 문제들을 다음과 같이 요약해서 말했다.

“대량파괴무기(WMD)확산문제는 앞으로 10~20년간 우리의 국가안보의 최우선과제가 될 것 같다.”

“핵물질과 고성능 생화학무기의 주요 원산지는 옛 소련, 중국, 북한, 이란, 이라크 등을 포함해 약 20개국이라고 본다.

이중에서 러시아가 가장 큰 문제인데 왜냐하면 이 나라는 막대한 양의 무기를 보유하고 있을 뿐만 아니라 정치·경제적으로 상당히 혼란상태에 놓여 있기 때문이다.

핵무기나 탄도미사일, 생화학무기 등의 제조장법을 알고 있는 수천명의 과학자들이 일자리를 잃고 가족부양 문제를 걱정하는 사태가 일어나고 있는 것은 역사상 처음 있는 일이다.

현재 다른 나라의 범죄조직들과 결탁하고 있는 러시아의 범죄조직들도 전체적으로 보아 핵확산문제의 하나라고 나는 생각하고 있다.

이같은 무기들을 개발하거나, 구입하거나, 사용하고 있는 사람은 누구일까? 또 앞으로 누가 이같은 일을 할 것인가? 이같은 일을 할 사람들이 앞으로는 급속도로 늘어날 것으로 보인다.

다. 현재 이미 이같은 부류에 속하고 있는 자들을 살펴 보면 대충 다음과 같다.

- 첫번째로, 국가정책적으로 테러 행위를 자행하고 있는 나라들(리비아, 이란).
- 두번째로, 팽창주의적 야망을 품고 있는 나라들(이라크).
- 세번째로, 외침을 두려워하는 한편 외부에 대해 침공위협을 가하고 있는 나라들(북한).
- 네번째로, 인접국가를 두려워해 철저히 무장돼있는 나라들(인도, 파키스탄).

이것은 매우 큰 위협이다. 이같은 위협에 대처하기 위해 우리 정부는 전 역량을 발휘해야 한다. 냉전과 같이 이같은 노력은 장기적인 것으로 오래 걸릴 것이고 경우에 따라서는 더 오래 끌지도 모른다. 이것은 우리 정부의 총력적이고, 일관되고, 희생적이며 지속적인 노력을 필요로 하고 있다.”

미 국방부의 핵확산금지 및 대응책 보고서

1994년 5월 국방부는 정부의 핵확산금지 및 대응책에 관한 보고서를 국회에 제출한 일이 있는데 그 내용은 대량파괴무기의 위협에 대처하는 방안을 제시한 것이었다.

몇 가지의 폭넓은 정책방향이 핵확산문제에 대한 미국의 기본입장의 근간을 이루고 있다.

- 핵확산금지 및 방지문제가 미국

의 국가안보전략상의 최우선과제가 되어 있다.

- 미국은 자체적인 핵확산금지정책과 미국 수출업자의 상업적인 권익을 존중하는 가운데 수출통제를 가할 것이다.
- 미국 단독으로 기술이전을 방지할 수 없다.
- 미국은 특히 핵확산 위험성이 높은 지역이나 국가에 대해 특별히 주의를 기울여야 한다.
- 미국은 미사일과 대량파괴무기에의 의존도를 줄이기 위한 세계적인 노력을 주도해야 한다.

이를 위해 미국은 대량파괴무기의 위협에 대처하기 위해 폭넓은 방안을 모색하고 있는 것이다. 즉,

- 핵확산금지조약의 무기한 연장을 포함해 국제적인 핵확산금지 규

범의 강화.

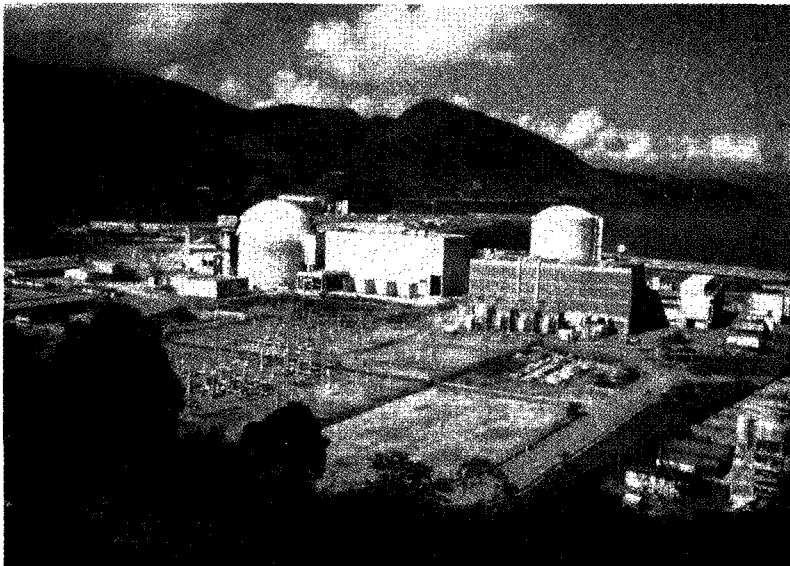
- 핵분열물질의 생산 제한.
- 대량파괴무기 및 탄도미사일 기술에 관한 다자간 수출통제의 강화.
- 미국의 현 수출통제기구 개편.
- 지역적인 핵확산금지정책을 적극 모색
- 상업적인 권익과 핵확산금지정책의 양립.
- 화학무기협정 지지.

미국정부의 대량파괴무기 방호대책

미국정부는 예방과 번복, 방호 등의 균형된 계획을 통해 대량파괴무기와 미사일의 확산문제를 다루고 있는데 그 내용은 다음과 같다.

1. 예방과 번복

- 탐지 및 확인: 대량파괴무기 확산과 관련된 활동의 탐지 및 확인.
- 설득: 대량파괴무기 비보유국에 대해 그들의 안보가 대량파괴무기를 획득하지 않음으로써 가장 잘 유지된다는 점을 설득시킨다.
- 거부: 수출통제나 기타 다른 수단을 통해 대량파괴무기에 관한 기술이나 자료에 접근하지 못하도록 차단한다. 다자간 수출통제체제를 강화하는 것이 특히 중요한데 이는 이같은 다자간체제가 미국 공급업자들이 경제적인 부담을 줄이면서 수출통제의 효율성을 높일 수 있기 때문이다. 이 밖에 보다 직접적인 방법으로는 암거래시장의 제거도 생각할 수 있다.



〈原子力에너지의 平和的 이용의 가장 대표적인 것은 경수로형 原子力발전소라고 할 수 있다.〉

우리나라가 유지·보수 등 정비사업에 참여하고 있는 WH사 건설, 브리질의 앙그라原子力 발전소〉

- 군비통제: 핵확산금지조약, 생화학무기금지협정, 핵무기시험금지조약, 비핵화지대 설정, 지역적 군비경쟁을 안정시키기 위한 재래식무기통제를 위한 조약, 기타 상호신뢰와 안보태세를 구축하기 위한 제반조치 등의 강화.
- 국제적인 압력: 국제무역규약 위반자 처벌, 대량파괴무기확산을 지원하고 있는 기업체나 국가의 명단 공개 대량파괴무기확산문제에 경각심을 높이기 위한 정보교환.

2. 방 호

- 위협제거: 특정국가에서 보유하고 있는 대량파괴무기의 위협으로 부터 벗어나기 위한 조치를 강구한다. 예컨대 이들 대량파괴무기의 파괴, 점검, 전환, 감시 등

을 위한 협정체결 등.

- 확산억제: 대량파괴무기의 보유나 위협, 또는 사용이 용인될 수 없다는 점을 확산관련자들에게 설득시키기 위한 노력의 일환으로 미국과 그 동맹국 및 우방국들이 협력해서 이를 제재할 수 있는 군사·정치·경제·상업적인 기구를 마련한다.
- 공격: 유사시에 대량파괴무기를 압수, 훼손 또는 파괴시킴으로써 미국을 보호하고 합법적인 안보지원을 요청해오는 동맹국들의 요구를 받아들인다. 또한 대량파괴무기의 이동을 감시, 추적, 제지하는 일도 중요하다.
- 방어: 대량파괴무기의 효과를 최소화하고 미국으로 하여금 오염된 전쟁터에서도 효과적으로 싸

울 수 있도록 능동적 또는 피동적인 방어수단을 강구함으로써 대량파괴무기 또는 미사일을 갖춘 가상적에게 대항한다. 여기에는 비정상적인 무기수송과 테러리스트에 대한 국경에서의 감시 통제도 포함된다.

이라크, 북한, 파키스탄 등 지역에서의 우리들의 경험으로 비추어 보아 대량파괴무기확산 방지에는 더욱 더 강화된 국제통제가 필요하다.

대량무기확산은 21세기에 들어가는 민수용 원자력에너지의 보급과 그 성공여부에 반드시 영향을 미치게 될 큰 과제이다.

핵확산방지의 고유특성을 지닌 원자력발전소를 경쟁력 있게 만들수만 있다면 이것은 매우 유리한 입장에 놓이게 될 것이다. (다음호에 계속)

1994年 7月中 原子力발전실적

발전소	로형 (MWe)	발전량(MWh)		이용률(%)		가동률(%)	
		당월	누계(94.1부터)	당월	누계(94.1부터)	당월	누계(94.1부터)
고리 1호기	PWR 587	190,120	2,893,225	43.53	90.18	53.65	99.54
고리 2호기	PWR 650	485,927	3,336,753	100.00	100.00	100.00	100.00
고리 3호기	PWR 950	721,302	3,312,956	100.00	68.54	100.00	67.93
고리 4호기	PWR 950	722,344	4,940,501	100.00	100.00	100.00	99.77
월성 1호기	PHWR 678.7	504,229	2,472,763	99.86	71.61	98.96	70.63
영광 1호기	PWR 950	720,851	5,010,460	100.00	100.00	100.00	100.00
영광 2호기	PWR 950	718,375	3,860,723	100.00	79.87	100.00	78.92
울진 1호기	PWR 950	733,324	3,539,774	100.00	73.23	100.00	71.17
울진 2호기	PWR 950	737,735	5,053,953	100.00	100.00	100.00	99.84
합 계		5,534,207	34,221,108	97.67	88.31	94.73	86.76

* 고리 1호기 : 연료재장전 및 보수(1994.7.15~)