

## 29. 과학기술과 국방연구: 핵무기 개발과 과학자

- 1938년 말 독일의 한과 슈트라스만이 우라늄 핵분열의 산물인 바륨을 발견
- ‘네이처’지에 핵분열과 관련된 글이 게재됨
- 1939년 4월 파리의 줄리오-퀴리 연구팀은 우라늄 238에서의 느린 연쇄반응 가능성 확인, 특허 출원
- 미국에 있던 망명 과학자들은 나치 독일의 원자무기 제작 가능성을 언급하며 핵분야 과학자들에게 무분별한 논문발표 자제 호소
- 1939년 8월 실라르드, 아인슈타인, 부시 등은 독일 과학자들의 원자탄 제작 가능성을 루스벨트에게 서한으로 보냄  
⇒ 1939년 10월 미국에서는 핵문제를 자문할 기관인 ‘우라늄위원회’가 구성
- 1941년 12월 일본의 진주만 공격 이전 까지 미국은 핵개발에 대해 심각하게 생각하지는 않음

### [영국의 핵개발]

- 우라늄 핵분열 발견 직후, 영국의 로런스 브래그와 G.P. 톰슨 등은 벨기에령 콩고에서 우라늄을 빨리 구입할 것을 주장하면서 영국 정부에 핵 개발의 중요성을 강조...이 당시 영국 정치가들은 별 반응을 보이지 않음
- 1939년 9월 1일 나치가 전격작전으로 폴란드를 침공 하면서 세계 2차대전이 시작됨.
- 1940년 4월에는 나치 독일이 덴마크와 노르웨이를 침공하여 벨기에령 콩고의 우라늄이 독일의 수중에 들어갈 처지가 됨.
- 이런 상황에서 1940년 봄 두 과학자(오토 프리시, 루돌프 파이얼스)가 핵폭탄의 실행 가능성에 대한 보고서를 제출  
⇒ 이 보고서에 자극 받아 영국은 핵무기 개발을 위한 ‘모드 위원회’를 신설
- ‘모드 위원회’는 1941년 여름 우라늄 235(자연상태에서 0.7%만 존재)의 폭탄 가능성을 보고
- 영국 정치가들이 원자탄 개발에 관심을 보이면서 연구가 가속화 되었으나, 공습가능지역이라는 한계 때문에 미국이나 캐나다가 원자탄 개발에 적합하다는 의견이 대두 ⇒ 영미공동원자탄개발계획 등장.

### [미국의 핵개발]

- 미국은 전쟁 초기 국방과학연구기관을 설립해서 주로 레이더 기술 개발에 주력했으나, 진주만 기습 이후 원자탄 개발에도 본격적으로 나섬
- 미국에서는 우라늄 235 외에 자연에 풍부하게 존재하는 우라늄 238을 이용해서 플로토늄을 개발함.  
⇒ 우라늄 238을 핵변환시켜 만들 수 있는 플로토늄으로도 원자폭탄 제조가 가능한 것이 확인됨.

## [맨하튼 계획]

- 미국의 원자탄 개발계획은 맨하튼 계획이라는 이름으로 구체화 됨
- 이 계획은 거대한 생산설비의 운영과 보안 문제 때문에 미 육군이 주도함.
- 1942년 9월 이 계획의 책임자로 임명된 레슬리 그로브스 장군은 미국의 여러 대학, 연구소, 산업체, 군대 등을 총동원하여 이 거대한 계획을 진행시킴.
  - 시카고에서는 원자로를 이용하여 우라늄 238에서 플루토늄을 생산하는 것을 맡음 (1927년 노벨상을 받은 아서 컴프턴이 이끄는 금속 연구소가 중심이 되어 페르미, 유진 위그너, 실라르드, 프랑크 등 많은 망명과학자들이 연구에 참가)
  - 미국 화학회사 듀폰은 독성이 강한 플루토늄을 짧은 시간에 많이 생산하는 부분을 해결하는 데 화학공업에서의 경험을 발휘함.
  - 1944년 말부터 미국 서부의 헨퍼드 생산용 원자로(Hanford Production Reactor)에서 플루토늄이 대량생산
  - 테네시 주 오크리지에서는 우라늄 235의 분리농축을 맡음

## [로스 앨러머스 연구소와 오픈하이머]

- 생산된 우라늄 235와 플루토늄은 폭탄제조를 위해 뉴멕시코 주의 로스 앨러머스로 집결됨
- 로버트 오픈하이머의 책임아래 원자폭탄의 설계와 조립이 진행됨
- 1944년 가을 로스 앨러머스에 거대한 실험실이 설치되고 약 3000명의 과학기술자들이 모여 연구함
  - 오픈하이머는 여기에 모인 젊은 학자들에게 사명감을 갖게 함
  - 과학자들에게 자신의 창조력을 살려주는 방향으로 연구시키면서 원자폭탄 제조라는 극비의 구체적인 목표를 달성하도록 효과적으로 동원함.
  - 참가하였던 대부분의 과학자들은 원자폭탄이 거의 완성될 단계까지 눈치 채지 못하였음
- ‘포격결합방법’으로 원자탄을 제조하려 하였으나, 1944년 말까지 전반적인 차원에서 핵무기 개발계획은 불확실했고 성공여부도 의심스러웠음
- 이 문제의 해결책으로 젊은 물리학자 네더마이어는 ‘내과방법’을 발명함.(강력한 폭발물을 플루토늄 둘레에서 폭발시킴으로써 플루토늄을 순간적으로 압축되게 만들어 폭발시키는 방법)
- 수학자 John von Neumann의 계산에 의해 내과방법의 가능성이 확인 되어 원자탄 제작에 적극적으로 채택됨.
  - ⇒ 1945년 7월까지 우라늄 235로 만든 폭탄 1 개와 플루토늄으로 만든 폭탄 2개가 제작→1945년 7월 16일 뉴멕시코 주 사막에서 플루토늄으로 만든 폭탄을 사용하여 역사상 최초의 핵실험이 성공적으로 실행됨.

- 1945년 8월 6일 히로시마에 우라늄 235로 만든 폭탄이 투하되어 최소 10만명 사망, 건물 7만채가 반파 이상의 피해 입음
- 8월 9일 나가사키에 남은 나머지 하나도 투하되어 1945년 말까지 7만명 사망
- 8월 10일 일본에서 워싱턴으로 항복의사가 전달됨. 8월 15일 일본은 무조건 항복을 함.

## [독일의 핵개발과 미국의 성공 요인]

- 독일에서도 1942년 당시 우라늄 연구가 영국과 미국 수준 이상으로 진행되었었음
- 독일의 핵개발에 참여하였던 하이젠베르크를 비롯한 과학자들은 나치가 핵무기를 보유하지 못하도록 교묘하게 방해하였다고 후일에 증언함 (확인 불가)
- 우라늄 개발 결정 당시인 1942년 전황은 독일에게 유리하여, 독일의 지도부는 전쟁이 빨리 끝날 것으로 여기고 있었음
- 이런 상황에서 많은 시간이 필요하고 많은 자원이 요구되는 원자탄 개발의 추진 필요성은 절실하지 않았음
- 또한, 독일의 하이젠베르크가 주도한 핵 개발팀들은 주로 이론 물리학자들이었기에, 우라늄 연구를 실험실 수준에서 거대한 생산설비가 요구되는 산업적·군사적 수준으로 발전시킬 배경이 부족하였음 (이론물리학자, 실험물리학자, 화학자, 공학자, 거대 설비 경험의 산업가 등이 참가한 미국보다 독일이 불리한 여건)
- 원자탄 개발에 미국이 성공한 것은 물질적 조건, 제도적인 측면, 역사적 조건이 뒷받침되었기 때문임.

### [물질적인 조건]

- 활용가능한 수많은 자원이 풍부하게 있었음

### [제도적인 측면]

- 대학에서 이론분야와 실험분야가 같은 문제를 가지고 활동하였음
- 물리학자와 화학자들이 같은 연구소에서 함께 활동하였음

### [역사적 조건]

- 과학자와 공학자가 밀접하게 연결되어 있었다는 실용주의적인 성격
- 제1차 세계대전 이후 정치가와 효과적으로 협력할 수 있었던 과학행정가들의 꾸준한 성장
- 1930년대 이래 산업체와 정부기관 내에 거대한 계획에 참가한 경험이 있었던 기획 전문가들이 존재

⇒ 즉, 미국 만이 지녔던 독특한 과학적·산업적·정치적 구조에서나 가능했던 것이었음.

## [핵무기 투하 과정과 반대운동]

- 핵무기 투하 결정은 과학자들 보다는 정치가, 군부를 비롯한 다른 이해 당사자들이 더 많은 영향을 미쳤음
- 1945년 5월 8일 독일이 항복하였을 때 원자탄 제조는 거의 끝나가고 있었음
- 일본이 저항하고 있었지만, 일본은 원자탄을 개발할 능력이 없었기에, 원자탄을 제조한 과학자들은 원자탄의 오용을 우려하기 시작함
- 군부는 이미 많은 예산이 들어간 원폭의 사용을 원했고(의회와의 문제), 전쟁전략의 혁명적 변화, 원폭사용이 가치있는 군사적·기술적 데이터를 제공할 것으로 생각
- 트루먼 대통령은 최소의 희생으로 태평양 전쟁을 조속히 끝내기를 원함
  - 일본 본토 침공의 경우 약 100만명의 미국인 희생이 예상되었음
  - 일본을 항복시킬 다른 가능성은 소련의 전쟁개입, 항복조건 명문화, 원자탄 사용이라는 세가지가 있었음.
- 1945년 봄까지 트루먼은 얄타협정에 따라서 소련의 전쟁 개입을 희망했으며, 항복조건 명문화도 고려하고 있었음
- 이 당시 과학자들의 핵투하 저지 노력은 비조직적이고 산발적이었음.
- 가장 조직적인 핵투하 반대운동을 한 사람은 1939년 핵무기 개발계획의 필요성을 강조하였던 실라르드였음
- 1945년 6월 11일 시카고 과학자들이 중심이 되어 ‘프랑크 보고서’가 작성됨
  - 국제적인 통제가 없으면 핵전쟁의 파국이 발생
  - 일본에 사전 경고 없이 적절한 목표에 핵무기를 사용하여 일종의 무력 시위로 일본의 항복을 유도하자는 안을 제시
  - ‘핵운용자문위원회’에 전달되었으나, 트루먼에게 전달되기 전에 핵실험이 성공됨
- 항복조건을 명문화한 ‘포츠담선언’이 발표되었으나 일본은 이 포츠담 선언을 거부함
- 트루먼은 향후 미소 관계에서 주도권을 잡고 전쟁 단축을 위해 핵실험 성공 후 군부가 결재서류를 올리자 핵무기 투하를 지시함.  
(핵투하 여파에 대한 심각한 고민은 없었음)

## [전후의 핵운용 문제]

- 핵무기의 가공할 위력이 확인되면서 이것을 운영·관리할 커다란 문제가 대두됨
- 1945년 12월20일 맥마혼 법안이 상원에 제출(맨하튼계획의 전후 통제 및 모든 핵관계를 통제할 민간기구인 원자력위원회(AEC)의 설립)
- 수정안에서 군사적 관계가 삽입되어 핵통제기구에 군부가 재등장함.
- 1946년 말 맨하튼 계획의 생산설비들이 AEC로 이관

- 트루먼은 미국이 핵을 독점하여야 한다는 버룩계획을 마련하였으나, 소련의 핵개발로 실패로 돌아감
- 소련은 이미 1942년 과학아카데미 안에 우라늄 연구소를 설립하고 원자탄을 연구하고 있었음. 1944년과 1945년 초 핵스파이 폭스를 통해서 맨하튼 계획을 소상히 알고 있었음.
- 1949년 8월 소련도 핵실험에 성공함

### [수소폭탄의 개발과 과학자들의 반응]

- 1942년부터 1945년 8월 핵투하 전까지 과학자들은 수폭 제조도 염두에 두었지만 일단 원폭제조가 가능했기 때문에 수폭 보다 원폭에 치중함
- 히로시마에 원폭이 투하된 이후 오펜하이머, 로렌스, 아서 컴프턴, 페르미는 수폭개발에 반대
- 1949년 8월 소련의 핵실험 성공 이후 과학자들은 광범위한 재무장 계획의 하나로 바라보는 수폭의 개발을 인식하였으며, 찬성파와 반대파로 나뉘어졌음
- 로렌스, 텔러, 엘버레즈 등의 과학자들은 미국이 소련의 위협에 수폭 개발로 대응하여야 한다는 명분을 내세움
- 코넬트와 오펜하이머 등은 미소간의 무기경쟁을 우려해서 수폭개발에 반대
- 이런 상황에서 1950년 1월 31일 트루먼 대통령은 측근들의 의견을 종합하여 수폭개발을 결정함
- 대부분의 유명 과학자들이 열핵폭탄계획에 반대하였으나, 폭스의 핵스파이 사건 공개 및 한국전쟁 발발로 수폭개발로 기울음
- 1952년 11월 1일 최초의 수폭실험인 ‘마이크 실험’이 태평양 마셜군도에서 실시됨
- 1954년 3월 비행기에 탑재하여 실전에 활용 가능한 수폭의 실험(‘브라보 실험’)이 태평양에서 성공..히로시마 투하 원폭의 1천배가 넘는 위력
- 이 실험이 국제적인 핵실험 반대 운동의 기폭제가 됨
- 1955년 11월 소련도 수폭개발에 성공
- 인류를 파멸로 이끌 수도 있는 핵전쟁의 위험