

원전 레짐의 태동과 형성, 1945-1969

이관수, 이내주, 문지영, 박진희

핵물리학과 원자력 기술을 선도한 미국, 영국, 프랑스, 독일 서방 4개국의 원자력 발전 레짐은 여러 차원에서의 외형적 유사성을 지닌다.¹⁾ 시기적으로도 모두 1950년대에 핵기술과 발전을 연계시켰고(영·불:1950년대 초, 미국: 1950년대 중반, 독일:1950년대 말), 1970년을 전후로 각국의 원전 레짐들의 형성이 매듭지어졌다. 하지만 4개국의 원전 레짐들은 각국의 역사적, 정치적, 정책적 전통, 에너지 환경, 주도집단들 간의 관계 등등 여러 측면에서 출현의 맥락과 구조가 서로 달랐고, 이는 기술적 공통성의 증대에도 불구하고 원전 레짐의 차이가 심화되는 결과를 낳았다.

이들 서방 4개국의 원자력 기술은 모두 1930년대 파리의 졸리오-퀴리 그룹과 베를린의 한-마이트너 그룹의 연구에서 출발한다. 1938년 12월 한과 슈트라스만의 핵분열 발견이 마이트너에 의해 물리학계에 알려진 후 각국의 물리학자들은 핵분열의 여러 가능성을 떠올렸다. 특히 졸리오-퀴리는 이차중성자를 발견하고 중수와 흑연을 감속재로 활용할 고안을 떠올렸고, 1939년 10월 창설된 CNRS 명의로 원자로와 원자폭탄에 대한 특허 3건을 출원하기도 했다. 1940년 2월 CNRS는 원자력개발주식회사(Société anonyme pour l'Exploitation de l'Energie Atomique) 설립안을 마련했으나 6월의 패전으로 중단되었다.

제2차세계대전은 원자력기술의 지리적 중심지의 이동을 가져왔다. 졸리오-퀴리는 외국 출신 연구원들을 중수와 함께 영국으로 보냈고, 이들은 영국에 구체적인 원자로 구상을 전파하였다. 독일 출신의 파이얼스와 프리쉬도 망명지인 영국에서 우라늄 폭탄의 가능성을 입증하는 계산결과를 내놓았다. 이들의 기여는 영국 내 원자폭탄 연구를 촉발했으나 독일의 폭격이 시작되면서 영국의 연구는 캐나다로 자리를 옮겼고, 이는 이후 캐나다가 독자적으로 중수로를 개발하는 발판이 되었다. 또한 1942년 영국 정부가 미국 정부에 연구자료를 전달하고, 원자폭탄 공동개발을 제안하면서, 산발적인 탐색만 진행하던 미국 정부는 맨해튼 계획을 착수하였다. 1945년 6월 독일의 항복, 8월의 원자폭탄 투하 이후 원자력 문제는 4개국에서 국내외적으로 중요한 문제로 부상하였다.²⁾

1. 원전레짐의 태동

1) 미국 (1945~1953)

전후 유일한 핵무기 보유국으로 부상 이래 워싱턴의 정가의 관심은 미국이 “독점”한 핵무기를 어떻게 관리할 것인가였다. 루즈벨트와 처칠이 1944년에 맺은 비밀협약은 그 존재를 알고 있는 인사가 요직에 남아있지 않았다. 한편 맨해튼 계획의 일환으로 각지에 분산 수립된 연구소들의 현장 인력들은 전쟁 중의 관례대로 정보 교류를 지속하고 있었다.

1) 이 발표에서 사용하는 “레짐”은 Frank W. Geels의 개념을 폭넓게 원용한 것이다. 발표자들은 힐스의 개념이 “기술체계”나 SCOT보다 거시적, 구조적 차원에서 과학기술사와 일반사 또는 정치사의 결합을 좀 더 용이하게 할 가능성이 있다고 보았다. 이 발표는 그러한 탐색의 한 사례이기도 하다. 한편 이 발표의 독일은 독일연방공화국 즉 구 서독을 뜻한다.

2) 소련, 일본, 인도 등 대형 원전레짐들은 자료와 연구진의 한계로 아직 다루지 못했다. 장차 한국의 경우와 함께 살펴볼 수 있기를 기대한다.

1946년 8월 통과된 원자력에너지법, 즉 맥마흔법은 독립된 원자력위원회(Atomic Energy Commission)를 위원장 포함 5인의 위원으로 구성하고, AEC가 모든 원자력 업무를 관장하도록 하였다. 핵분열물질 및 장비의 민간소유가 금지되고, 모든 관련 정보 또한 비밀유지를 최우선으로 공개여부를 AEC가 독자적으로 결정하였다. 전시 동맹국과의 교류도 일단 금지되었다. 초대 위원장으로 뉴딜시기 TVA를 이끈 D.릴리엔탈이 임명된 것과 맞물려 이러한 체제는 자유경제 체제 내에서 “범위가 제한되지 않고 아마도 계속 경계를 확장할 사회주의 섬”이 건설된 것이라는 유명한 논평을 받을 정도였으나 국가안보를 위한 비밀유지의 필요성을 명분으로 승인되었다.³⁾

행정가와 정치가로 구성된 AEC위원들은 군사연락위원회(MLC)와 일반자문위원회(GAC)를 통해 각각 군부와 과학계의 자문을 받았다. 모든 원자력 관련사항을 내각과 독립적으로 관장하는 AEC는 사무총장을 통해 5개의 행정부서와 5개의 생산 및 개발 부서를 지휘하였다. 생산 및 개발부서들 산하의 여러 연구소 및 생산단지는 민간기업이 AEC 부서들의 감독 아래 위탁 운영하는 분권적 체제로 구성되었다.

다시 AEC 전체는 상하양원 합동원자에너지위원회(JCAE) 감독을 받았는데, JCAE는 미국 역사상 유일하게 입법을 통해 조직된 합동위원회로서 AEC의 일상활동을 매월 보고받고 의견을 제시하는 예외적인 권한을 보유했다. 다른 의원들은 “알 필요가 있을 때”만 제한된 정보를 보고받았다. 이러한 체제는 비밀보호와 민간통제를 동시에 달성하기 위함이었다.

이 시기 AEC와 JCAE의 주요 관심사는 원자폭탄 개량 및 생산능력 확충, 수소폭탄 개발 등 군사응용에 집중되어 있었고, 산하 연구기관에서 각종 원자로 연구의 일환으로 때때로 진행된 발전실험들은 관심의 대상이 아니었다. 원자로 개발 예산도 대부분 군사목적에 집중되었다. 이들 중 H. 리코버의 잠수함 추진용 원자로와 육군의 이동식(항공수송용) 발전로는 전기를 생산하기는 했으나 극도로 제한된 환경에서의 전술, 전략적 용도를 목적으로 한 것이었지, 민수용 발전과는 거리가 멀었다.

이러한 상황은 1950년 이후 JCAE가 영국과 프랑스의 경우를 거론하며 민간 발전용 원자로에 관심을 보이기 시작하면서 조금씩 달라졌다.

2) 영국(1945~1953)

1945년 여름 영국은 원자력 분야에서 미국에 이어서 세계 제2위 국가라는 자부심을 갖고 있었다. 동시에 독항후 원자력 보유국과 미(未)보유국 간의 격차가 더욱 커질 것이라고 전망하였다. 나아가 애틀리 총리는 1945년 8월의 연설에서 “다른 국가의 과학자들도 이 비밀을 풀 수 있는 단계에 와 있다. 우리들은 단지 1-2년 앞서서 출발했을 뿐이다.”라고 말했다.⁴⁾ 10월 영국 합동참모본부는 핵무기 통제 방안에 대한 국제회담을 무작정 기다리기 보다는 영국도 자체적으로 핵 억제력을 갖추 필요가 있음을 역설했다.⁵⁾ 이 달부터 원자력자문위원회 설치가 논의되었고, 다음해 1월에는 J. 콕크로프트가 이끄는 원자력연구단지(AERE)가 하웰에, C. 힌턴을 책임자로 랭커셔주에 군사용 플루토늄 생산용 원자로 건설을 담당하는 생산그룹이 설립되었다.⁶⁾ 1946년 8월 미국의 맥마흔법에 배신당한 영국은 11월 초 원자력에너지법을 통과시켜

3) J. R. Newman and B. S. Miller, *The Control of Atomic Energy* (1948), p.3

4) PRO CAB 126/257, Transcript: Extracts from a Memorandum on the Atomic Bomb from Prime Minister Clement Attlee, 28th August 1945.

5) Simon Taylor, *Privatization and Financial Collapse in the Nuclear Industry* (London: Routledge, 2007), p. 9.

6) Simon Taylor, *Privatization and Financial Collapse in the Nuclear Industry* (2007), p. 10.

원자력 업무를 공급부 산하 원자력국으로 이관하고, 1947년 1월 내각 일반서신 제163호를 통해 원자폭탄을 개발하기로 공식 결정하였다. 이 때 정부 내 공급부에서 무기분야 연구를 관장하고 있던 W. 페니가 원자력 프로그램의 세 번째 핵심 인사로 가담했다 이 3인은 소위 “원자력기사(nuclear knights)”로 불릴 정도로 영국의 원자력 정책에서 후기까지 막강한 영향력을 발휘하였다.

영국은 당초 미국 햄포드 단지에서 플루토늄 생산을 담당했던 경수냉각 흑연감속형 원자로를 건설하려고 했다. 하지만 햄포드형 원자로의 안전문제가 지적되면서 일단 가스냉각 흑연감속형이 채택되었고, 힌턴은 이를 다시 좀 더 복잡한 구조를 지녔지만 플루토늄 제조와 전력 생산을 동시에 수행할 수 있는 형태로 개량하여, 1950년 10월 셸라필드에서 영국 최초의 실용 원자로 운전에 들어갔다.⁷⁾ 여기서 나온 플루토늄을 이용하여 1952년 10월 오스트레일리아에서 영국 최초의 원자폭탄 실험에 성공하였다.

이 시기까지 영국의 원자력 프로그램은 핵심 3인방이 강력한 영향력을 발휘할 수 있는 규모의 중앙집중적 형태로 운영되었다. 원자폭탄 제작이 목적이었지만, 1940년대 말에 설계된 최초의 실용 원자로부터 발전을 중요 설계목적의 하나로 삼았다는 점에서 미국과 달리 초기부터 발전이 원자력 프로그램의 중요목적에 포함되고 있었다.

3) 프랑스(1945-1955)

1945년 9월 임시정부 수반인 드골은 행정명령을 통해 10월 18일 원자력청(CEA)를 창설했다. 드골은 이미 대중연설을 통해 프랑스의 동맹국이 핵무기를 개발할 때, 그곳에 프랑스가 없었다는 점을 강조하고 프랑스도 핵무기를 보유할 필요성을 역설하고 있었다.⁸⁾ 같은 달 30일의 행정명령 n° 45-2563는 CEA의 목적을 “과학, 산업, 그리고 국방의 다방면에서 원자력의 이용을 위한 과학기술연구를 시행한다”고 규정했다. 프랑스 국민들도 이에 호응하여 이듬해 1월 여론 조사에서는 50% 이상이 향후 전쟁에서 핵무기가 사용될 것이고, 프랑스도 핵무기를 보유해야 한다고 응답하였다.

행정명령을 통해 의회를 거치지 않고 통과된 CEA는 이두제로 조직되었는데 청장은 과학자인 졸리오-퀴리가 맡고, 사무총장은 행정가인 R.도트리기가 맡았다. 저명한 과학자 9명으로 구성된 과학위원회가 주도하여,⁹⁾ CEA는 전전 연구를 발전시킨 끝에 1948년 12월 프랑스 최초의 연구로 ZOE 운전에 들어갔다.¹⁰⁾ 천연우라늄사용 중수감속로인 ZOE는 이름에서 보듯이 발전기능이 없었지만, 미래는 무궁무진하고 ‘거의 공짜’고 위험하지 않은 원자력과 함께 빛날 수 있다는 장밋빛 선언들이 이어졌다. 여러 경향이 혼재된 정당들에서도 국가는 원자력과 핵무기를 동시에 발전시켜야한다는 보편적 합의가 존재했다. 따라서 이 문제에 대한 공개토론은 거

7) R. F. Pocock, *Nuclear Power* (1977), p. 13.

8) Bertrand GOLDSCHMIDT, “Les origines du CEA”, *Espoir* n° 103, 1995

9) 9명 위원의 명단은 다음과 같다. Pierre Auger, Irène Joliot-Curie, Frédéric Joliot-Curie, Francis Perrin, Lew Kowarski, Bertrand Goldschmidt, Pierre Biquard, Léon Deniwelle, Jean Langevin

10) Alain Malleuvre, “L’histoire de l’énergie nucléaire en France de 1895 à nos jours”, *Revue de la Société Archéologique, Histoire et Géographique des Amis du Vieux Verneuil*, vol. 101(2007), p. 17; Bertrand GOLDSCHMIDT, “Les origines du CEA”. ZOE는 제로에너지(Zéro énergie), 산화우라늄(Oxyde d’uranium), 중수(Eau lourde)의 첫 글자를 따서 만든 이름으로 나중에 EL1(Eau lourde n° 1)으로 불리게 된다. 코와르스키가 제작한 이 원자로는 캐나다의 ZEEP (Zero Energy Experimental Pile) 원자로를 똑같이 복제한 것이었다. ZEEP 프로젝트는 1944년 8월에 시작해 13개월 후인 1945년 9월 5일 운전에 들어갔다. 이후 조에는 1976년 3월에 완전히 운전을 멈췄고, 현재 그곳은 원자박물관(Musée de l’atome)으로 사용되고 있다.

의 없었다.

하지만 1949년 NATO 결성 이후 공산당원인 졸리오-퀴리가 소련을 위협하는 핵무기 개발에 반대하면서 그의 입지는 흔들렸다. 1950년 3월 졸리오-퀴리는 핵무기 금지를 촉구하는 ‘스톡홀름 호소’를 발표해 300만 명의 서명을 이끌어내자 CEA청장직에서 마침내 해임되었다.

졸리오-퀴리의 후임인 J.패랭과 1951년 도트리의 후임으로 임명된 P.귀요마가 이끄는 제2기 CEA에서 중요한 결정들이 이루어졌다. 귀요마는 에콜폴리테크닉 출신으로 광업엔지니어던 부회장을 역임한 핵심 국가엔지니어인데, 1947년 전력산업 국영화로 설립된 프랑스로 EDF를 원자력 계획에 끌어들었다.¹¹⁾ 1952년 귀요마는 CEA가 실험용 원자로를 설계하고, EDF는 발전용 원전을 건설하고 운영한다는 의정서를 체결했다. 그 해 CEA는 연료는 우선 프랑스가 가지고 있던 천연우라늄을 사용하되 장기적으로는 단위 열효율이 높은 농축우라늄이나 플루토늄을 사용한다는 1차 원자력개발 5개년계획을 세워 의회의 승인을 받았다. 이 계획의 주된 목적은 원자력 발전을 위한 플루토늄의 생산이었다. 하지만 그 이면에는 핵무기 개발을 향한 의도가 감춰져 있었다. 하지만 CEA-EDF 협약은 EDF에게는 원자력을 포함한 발전과 송전권을 온전히 독점할 좋은 기회가 되었지만 CEA에게는 기존 원자력 프로그램에서의 역할 축소를 의미하는 것이나 다름없었다. 이것이 바로 약 15년에 걸친 CEA-EDF 사이의 갈등의 발단이었다.

CEA의 1952년 계획은 영국처럼 중수대신 흑연을 감속재로 써서 플루토늄 생산에 주력함을 뜻했다. 프랑스에는 중수생산능력이 없었기 때문이었고, 미국은 농축우라늄 정보를 공개하지 않았기 때문이다. 그해 파리 근교 사클레(Saclay)에 원자력연구센터를 설립해서 1956년에는 공기냉각식 흑연감속로 G1을, 1958년부터는 이산화탄소냉각 흑연감속로인 G2와 G3의 가동을 시작하였다. G2부터는 EDF의 요구를 반영하여 발전설비가 갖추어져 있었지만, 실제 운용은 핵폭탄 제작을 위한 플루토늄 생산을 우선하여 진행되었다.

4)독일 (1945~1955)

1946년 4월 29일에 제정된 독일 연합국관리위원회법(Kontrollratsgesetz)에 따라 구성된 연합국관리위원회에서는 ‘과학연구에 관한 통제와 감시’ 조항을 두어 모든 종류의 군사적 연구는 금지시켰다. 민간용과 군사용 양쪽에 모두 이용될 수 있는 응용 연구도 금지시켰다. 이들 응용 연구에는 핵물리, 비행기와 선박 건조, 로켓 기술과 암호 연구도 포함되어 있어 원자력에 관한 한 이론 연구도 금지되어 있었다고 할 수 있다. 이 조항이 1950년에 ‘군사용 연구로 표기될 수 있는 원자력 연구와 원자력 기술 활동 금지’로 바뀌면서 핵물리 기초 연구는 가능하게 하였다.

1952년 1월 하이젠베르크가 독일 수상에게 원자로 제작에 들어가야 한다는 서한을 보낸 일을 계기로 독일의 원자로연구가 시작되었다. 다음해 연방경제부는 원자로까지는 아니라도 우라늄과 감속제 확보를 위한 정부위원회를 결성하였고, 1954년에는 화학, 전자, 기계 분야 기업들 대표로 구성된 ‘물리연구협회’가 결성되어 하이젠베르크가 이끄는 원자로 제작 프로젝트 실행을 지원하였다.

1955년 5월 파리조약으로 독일이 주권 국가 지위를 회복하면서 원자로 연구가 공식적으로 진행될 수 있게 되었다. 물론 군사용 연구는 1954년 10월 23일 조인한 ‘군비관리에 관한 조서’에 따라 금지되고 있었다. 그런데 주권 회복과 함께 가입한 NATO 협정에 따르면 평화적 이용을

11) Georges Laminal, *Chronique de trente années d'équipement nucléaire Electricité de France*, t. 1(Paris: Association pour l'Histoire de l'Electricité en France, 1988), p. 12. 1946년 4월 8일 전력산업의 국유화법 제정으로 발전, 송전, 배전, 그리고 수출을 전담할 국영기업인 EDF가 창설되었다. 전력산업 국유화 당시 발전은 86개의 화력발전소(54개 민간기업)와 300개의 수력발전소(100개 민간기업)에 의해 이뤄졌다.

위해 개발한 핵에너지 이용 기술을 경우에 따라 원자력 무기로 빠르게 전환시킬 수도 있는 권리를 부여받고 있기도 하였다. 즉, 독일 정부의 의지에 따라 군사용 원자력 연구 및 기술 개발 금지를 무력화시킬 수도 있는 상황이었다.

독일 아데나워 정부 하에서 전략적 핵무장을 구체적으로 추진하고자 하는 움직임이 실제 계획되고 있었다. 하지만 핵관련 과학자들 18명은 1957년 4월 12일에 괴팅겐에 모여 “독일군의 핵무장 계획을 심각하게 우려함”을 표하고 연구자들은 “어떠한 종류의 핵무기 제작과 시험 혹은 투입에 관여하지 않을 것이며”, “원자력의 평화적 이용을 모든 수단을 이용해 장려할 것이며 이 일에 우리의 노력을 함께 할 것”을 선언하였던 것이다. 괴팅겐 선언은 독일 사회 전체로 큰 반향을 얻으며 아데나워 정부의 계획을 포기하게 했고 독일 내 원자력 연구가 민간 주도로 평화적 이용에 머무르게 하는데 주요한 역할을 하였다.

2. 원전레짐의 형성.

1) 미국 (1954~1962)

1953년 7월 AEC의장에 취임한 스트로스는 아이젠하워가 그 해 12월 연설에서 밝힌 “평화를 위한 원자력(Atom for Peace)” 구상을 기초하고, 구상에 담긴 상용 원자력 발전소를 조속히 실현할 것을 결정하였다. 이 결정은 마침 아이젠하워의 원자력 항공모함 취소 결정 때문에 용처를 잃은 리코버 팀의 수상함용 원자로를 활용한 것이었다. AEC는 발전소 부지를 제공할 전력회사를 모집하였는데, 조건은 설비는 AEC가 부담하는 대신, 운용과 발전과정에 AEC의 감독을 받는 조건이었다. 리코버가 직접 응모안을 심사하여 펜실베이니아주의 두케인조명회사를 선정하여 고농축 우라늄 경수로를 사용하는 시핑포트원전(1954.9월 착공, 1958.5 전력망 연결)을 건설하였다.¹²⁾

1950년대 들어 AEC와 JCAE의 관계는 집행기관과 의회의 일반적인 관례를 벗어나기 시작하였다. JCAE가 점차 정책 수립과정 뿐만 아니라 정책 수행에도 직접 개입하기 시작하였다. 이러한 변화는 미국 원전레짐의 형성기에 AEC의장인 L. 스트로스와 JCAE의 간의 갈등으로 표출되었다. 이 갈등은 1970년대 초까지 의회 다수당 지위를 유지한 민주당 의원들과 스트로스 사이에서 주로 벌어졌다.

JCAE와 스트로스 모두 열렬한 원자력발전 지지자들로서 되도록 조속한 원전보급을 추진했지만, 정부역할과 전력산업의 관계에 대해 전혀 다른 생각을 품고 있었다. 상원의 앤더슨, 고어, 하원의 홀리필드, 프라이스 등은 연방정부의 광범위한 직접 개입과 보조를 강제하는 법안을 여러 차례 추진했다. 심지어 앤더슨은 모든 주요한 원자로형을 이용하여 대형 원전을 건설해보자고 주장하기도 했다. AEC 내에서도 트루먼이 임명한 AEC위원 머레이는 정부가 직접 대형원전을 건설할 것을 주장하다가 사임할 정도였다.¹³⁾ 반면에 스트로스는 원전의 조속한 실용화에 방점을 두었다. 그는 AEC의 역할은 연구개발과 각종 보조를 통해 민간 원전 설비산업과 발전산업을 육성하는 것에 그쳐야 한다고 보았다.

전력업계는 정부보조는 환영했지만, 정부 또는 공공소유 원자력 발전회사가 출현하는 것은 “초대형 원자력 TVA”가 나타날 것이라고 반대하였다. 반면에 이미 AEC의 자금과 연구개발의 수혜를 받는 민간 설비업체들은 시장확대가 필요했다.

12) 이후 여러 차례 개수를 거쳐 시핑포트원전은 저농축 우라늄을 사용하도록 변경되었다. 한편 1958년 11월 해군 내 리코버 지지세력이 염원하던 핵추진 항공모함 건조가 개시되어 1962.11에 엔터프라이즈호로 취역하였다.

13) Bupp, pp.33-35

1955년 1월, 9월 그리고 1957년 1월 3차에 걸쳐 AEC는 JCAE의 지지와 압력 아래 전력 실증 원자로 프로그램 (Power Demonstration Reactor Program) 응모를 실시하였다. 프로그램의 공식적 목적은 각종 발전용 원자로의 R&D 정보를 획득하고, 원전건설에 민간 설비회사와 전력회사의 참여를 촉진하는 것이었다. PDRP는 전력회사와 설비회사가 공동으로 응모안을 만들어 제출하면 AEC는 선정된 응모안에 필요한 연구개발비와 원자로제작 및 초기 연료 비용을 부담하는 방식이었다. 다양한 원자로형과 규모의 원전을 건설되지만,¹⁴⁾ AEC가 우수한 발전용 원자로형 연구개발에 진정으로 관심있었다고 보기는 힘들다. 이 무렵 와인버그는 위그너에게 사실은 AEC가 고행연료 액체냉각형 원자로에게만 관심을 쏟는다고 한탄하였다.¹⁵⁾ GE의 민간 원전부분 수석 과학자 칼 코헨도 와인버그에게 미지의 영역인 상업용 원자력 발전을 급히 추진하는 일에 우려할 정도였다. 코헨은 리코버식 경수로를 저농축 우라늄 사용하도록 개량할 것을 제안한 장본인이고, 원전이 석탄화력과 경제적으로 경쟁가능하려면 원전의 규모가 클 수 밖에 없다는 분석을 처음 내놓은 인물이었다.¹⁶⁾

1958년 중반 스트로스의 공직 은퇴 이후 미 해군 출신 AEC 인사들과 JCAE의 의원들의 동맹관계는 강화되었다. 리코버는 의회의 일방적인 지지에 힘입어 해군과 AEC의 공동산하부서인 “해군용 원자로부”를 1982년까지 이끌었고, 그의 오른팔인 밀턴 쇼는 1964년부터 1973년까지 AEC의 원자로 개발 및 안전연구 국장으로 재직하면서 미국 원전산업에 강력한 영향을 미쳤다.¹⁷⁾ 1962년 케네디 행정부와 JCAE가 미국 원자력 발전을 점검하였을 때는, 조속한 원전건설이 대형 경수로 중심으로 진행될 것이 분명해졌다.

2) 영국(1953~1957)

영국 정부는 1952년 원폭 실험 성공으로 군사용 원자력 개발은 어느 정도 궤도에 올랐다고 판단하고, 1953년부터는 밀어놓았던 원자력의 산업분야 활용 쪽으로 비중을 옮겼다.¹⁸⁾ 1953년 1월 30일, 공급부장관 D. 샌디스는 영국 최초의 원자력 개발 프로그램을 발표했다. 핵심은 단기적으로는 완벽한 규모의 원전 건설과 장기적 발전과제인 고속증식 원자로 개발이었다.

3월에는 깬더홀 원전건설이 발표되고, 4월에는 하원 연설을 통해 처칠 총리가 기존 공급부 소관의 원자력 업무를 담당할 새로운 기구 설립 준비위원회 임명을 승인했다. 그 결과는 1954년 7월 설립된 UKAEA(United Kingdom Atomic Energy Authority)이었다.

설립 당시 UKAEA는 ‘매우 고상하고 예외적인 기구’이자 ‘정부부처와 산업계 양자에 걸쳐있는 기묘한 조직’으로 묘사됐다.¹⁹⁾ 이는 향후 원자력의 민간 활용이 더욱 중요해질 것이므로 정부 내 일개 부서로서 보다는 민간 산업조직과 비슷한 구조를 갖는 것이 보다 합리적이고 효율적일 것이라는 판단에 기초한 것이었다. 형식상 추밀원 의장(Lord President of the

14) W. Allen, *Nuclear Reactors for Generating Electricity: US Development 1946-1963* R2116, RAND (1977)

15) ORNL 50, 82.

16) A. Weinberg, *The First Nuclear Era*, p.136

17) M. L Wald “Milton Shaw, 80, Who Oversaw First Nuclear Submarine Project” NYTimes, 2001.11.26.

18) R. F. Pocock, *Nuclear Power* (1977), p. 19.

19) Roger Williams, *The Nuclear Power Decisions* (London: Croom Helm, 1980), p. 22. 아마도 이는 국가기구로서 행정적으로 UKAEA가 갖고 있는 독특한 성격과 관련된 평가였다. 이를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다: UKAEA was to be responsible to Parliament for overall finance and policy matters (through the Lord President of the Council), but would be free within this overall framework to carry out its own administration and take day-to-day decision.

Council) 밑에 두되 전반적인 예산과 정책은 하원에서 통제하는 방향으로 결정했다. 원자력 분야는 아직 초보단계이고 특성상 고위험 고비용 산업이기에 전적으로 정부 부서에 맡겨두기에는 문제가 있다고 판단한 것이었다.²⁰⁾ 이는 신생 기구가 행정업무나 기타 일반적인 사안 등에 대해서는 나름대로 독립성 유지가 가능할 수 있음을 암시했다.

UKAEA는 연구 개발 뿐만 아니라 원자로 건설·관리와 같은 산업적 응용까지 포괄하는 강력한 행위자였다. 책임자로 임명된 플로우든 경(Sir Edwin Plowden)이 신설조직의 책임자로 임명되었고, 설립이전부터 무기그룹을 이끌던 영, 연구그룹의 콕크로프트, 산업그룹의 힌턴 3인이 플로우든 경과 함께 강력한 영향력을 발휘하였다. 이 4인의 긴밀한 협력 속에 UKAEA는 US AEC와 달리 일선 연구기관의 연구부터 최고위 의사결정까지 중앙집권적 형태로 운영되었다.

캘더 홀 원자력 발전소가 마침내 1956년 10월 17일 준공됐다. 이날 행사에 참석한 엘리자베스 여왕은 다음과 같이 연설했다: "... 장래 세대는 다른 무엇보다도 오늘날 우리 세대를 신이 우리 인간에게 준 원자력이라는 무한한 기회들을 활용하는 비밀의 문을 열어젖힌 선조들로 규정할 것이다. 이들은, 오늘날 우리가 들어온 바대로, 우리 국가의 산업자원과 우리의 물질적 복지에 긴요하고 시의적절한 선물을 제공하고 있다."²¹⁾ 2개의 원자로에서 각각 65MW의 전력을 생산할 예정인 캘더 홀 원전은 산업분야에 활용할 수 있는 규모로서는 세계 최초였다.²²⁾ 이러한 측면에서 캘더 홀은 영국국가의 위대성을 표상하는 자랑스러운 성과로 평가됐다. 더 타임스(The Times)지는 특별판까지 발행할 정도로 깊은 관심을 보였다. 근본적으로 캘더 홀 원전은 플루토늄 생산이 주목적이었으나, 시간이 지나면서 전기 생산 임무가 보다 중요한 위치를 차지했다.

다른 한편으로, 이는 영국의 원자력 개발에서 군사 분야의 우위가 1956년을 기점으로 일단락됐음을 의미했다. 이후로는 상업 및 산업적인 고려가 지속된 논쟁에도 불구하고 원자력 산업이 나아갈 방향을 좌우했다. 국제적인 차원에서 1956년은 원자력 역사에서 중요한 해였다. 캘더 홀 원전의 개통식이 진행되고 있던 바로 그 시점에 IAEA의 설립을 명시한 유엔 법령 서명식 회합이 뉴욕의 유엔 본부에서 개최되고 있었기 때문이다.

3) 프랑스(1955~1960)

1955년 4월 총리 직속의 원자력발전자문위원회(PEON, Commission consultative pour la Production d'Electricité d'Origine Nucléaire)이 출범하였다.²³⁾ 이 위원회는 1965년까지 2,000MW의 원전을 건설하겠다는 영국의 발표와 독일 AEG가 시작한 200MW 원전 건설에 자극받은 것이었다.²⁴⁾ PEON은 고위 관료와 기업가, 그리고 전문가들이 포함되었는데, 그들 대부분은 에콜폴리테크니크와 그 상급 응용학교인 광업학교나 토목학교를 졸업한 국가엔지니어

20) Simon Sneddon, *Nuclear Unclear: An Investigation of British Nuclear Power Policy 1945-2005*, (LAP Lambert Academic Publishing, 2014), p. 136.

21) R. F. Pocock, *Nuclear Power* (1977), p. 36.

22) 물론 미국에서도 1952년 아이다호의 아르코 소재 원자로에서 100kw의 전력을, 소련에서는 1954년 6월 오브닌스크에 있는 원자로에서 5MW의 전력을 생산한 적이 있었다. 하지만 다른 무엇보다도 캘더 홀은 그 규모면에서 진정한 의미의 세계 최초 원자력 발전소였다.

23) Philippe Simonnot, *Les Nucléocrates*(Paris: Presses Universitaires de Grenoble, 1978), pp. 192-193. 이 위원회는 정부(산업부·환경부·경제부·경제계획청), 연구(CEA), 기업(EDF, Alsthom, Empain-Schneider, Pétchiney-Ugine-Kuhlman, Saint-Gobain Pont-à-Mousson 등)의 대표자들이 위원으로 참여했다.

24) Government White Paper, "A Programme of Nuclear Power" Cmnd 9389 (HMSO, 1955).

어단 소속이었다. 이들은 “뉴클레오크라티”는 사실상의 프랑스 테크노크라티의 핵심부를 차지했다. 원자력 관련 조직 중 CEA는 광업엔지니어단, EDF는 토목엔지니어단이 거의 독차지했는데, 당시에는 석탄, 석유 등의 다른 에너지 부문을 독차지하고 있던 광업엔지니어단이 우위를 점했다.²⁵⁾

PEON위원회에서는 원자력의 수익성과 에너지 자립이 중요한 두 질문으로 대두되었다. 위원회의 지휘를 받는 기존의 CEA와 EDF는 처음에 상호협력관계로 출발했다. CEA가 주도하는 실험로 G1-G3에서 얻은 자료에 따라 발전용 원자로를 건설하기로 하고, 8월에 CEA와 EDF는 함께 18개월 안에 70MW 출력량의 EDF1 발전소 건설프로그램을 제안했다. PEON은 1965년까지는 800MW 출력량의 3-4개 발전소 건설도 예고했다. 원자로는 당시 농축우라늄의 공급이 원활하지 못했기 때문에 천연우라늄사용 가스흑연로, 플루토늄 농축연료 원전, 플루토늄 증식로 원전의 3단계로 이어지는 장기적 프로젝트를 예고했다.²⁶⁾

하지만 곧 EDF1의 운행을 둘러싸고 CEA와 EDF 사이에 이견이 제기되었다. EDF는 수익성의 관점에서, CEA는 기술적 관점에서 접근했다. 두 조직은 1956년 4월 13일 G2, G3, EDF1의 건설과 운행에서 두 기관의 협력을 결정하는 의정서가 체결되었다. 이 의정서는 G2, G3의 주된 목적은 플루토늄을 생산하는 것이고 발전은 부차적인 반면, EDF1의 주된 목적이 발전이고 플루토늄 생산은 부차적이라는 점을 상호 인정했다. 이에 따라 1957년 70MW급 가스흑연로인 시농1호기의 건설이 시작되었고, 이어 실증로인 180MW급 시농2호기와 360MW의 시농3호기가 1958년과 1961년에 연달아 착공되었다.

하지만 해외에서 장차 두 기관의 관계에 영향을 미치게 되는 사건들이 일어났다. 1957년 영국의 윈드스케일 사고는 가스흑연로에 대해 의문을 던지기 시작하였다. 또 미국은 기존의 폐쇄적 원자력 정책에서 선회해 자국의 경수로 판매를 위해 농축우라늄 제공도 허용하는 등 진향적인 태도를 드러냈다. 1957년 3월 25일 프랑스, 서독, 이탈리아, 벨기에, 네덜란드, 룩셈부르크 6개국 이 서명한 로마조약에 따라 ‘유럽원자력공동체(EURATOM)’의 창설은 미국 기술의 도입 전방을 밝게 하였다. 이런 상황에서 1958년 드골의 정계 복귀는 프랑스 원자력 프로그램의 향방을 결정짓는 중요한 변수로 작용했다.

4) 독일 (1955 ~ 1960)

독일 정부는 1955년 10월 ‘평화적 목적에 맞추어 원자력 에너지를 연구하고 이용하는 데서 10년 혹은 15년 뒤쳐져 있는 독일의 상황을 타개하는데 필요한 도움을 주고 후발 격차를 극복하는데 필요한 전제 조건들을 만들어’ 가는 임무를 띤 원자력부를 신설하였다. 독일의 원자력부는 정부부처였지만, 원전 계획의 중앙 통제국으로서의 기능이 아니라 초기 시장 진입에 어려움을 겪는 기업을 돕고, 기업에 큰 손실이 돌아가지 않도록 원자력 발전 계획을 조정하는 역할을 맡았다. 여기에는 ‘물리연구협회’는 영향력이 작용했다. 뒤이어 원자력부의 자문기구로 1956년 1월 설립된 ‘독일원자력위원회(Deutsche Atomkommission: DATK)’나 산업계, 학계의 단체와 개인들이 결성한 원자력 에너지 분야 연구 촉진, 기술 개발을 촉구하는 민간 협회들 그리고 1959년 5월 결성된, 민간 협회들의 공동 조직인 ‘독일 원자포럼(Deutscher Atomforum)’ 등의 활동은 독일의 원전 레짐을 정부가 아니라 민간 조직이 이끌어 나가도록 하였다.

25) *Ibid.*, p. 28.

26) Georges Laminat, *Chronique de trente années d'équipement nucléaire Electricité de France*, p. 19.

독일 원자포럼을 통해 핵에너지 경제성을 놓고 의견의 차이를 보이던 산업계는 원자력 진흥에 공동의 이해를 갖고 있음을 보이고자 하였다. 포럼에 참여한 협회들은 공통적으로 당시 독일 사회에 만연해 있던 원자력에 대한 일반 대중의 회의적인 시각을 계몽을 통해 전환해야 할 필요가 있다고 느꼈던 것이다. 여론조사에 따르면 1955년과 1957년 독일 일반 시민들의 76%와 59%가 '원자력 에너지'를 '폭탄, 전쟁, 몰살'에 결부시키고 있던 것으로 나타났던 것이다 (Gleitsmann·Oetzel, 2012: 133).

한편 독일정부는 국제협력 기반 구축에 적극적인 역할을 하였다. 1955년 미국과의 쌍무협정 체결이래 1958년의 EURATOM까지 여러 기구에 적극 가입하였다. 당시 미국은 유럽 시장에서 가장 강력한 경쟁자로 여겨진 영국의 독주를 막기 위해, 농축우라늄을 적극적으로 활용하였다. 핵연료 공급을 미국에 전적으로 의존하는 문제가 있기는 하였으나 독일의 경우에는 연료 공급과 더불어 공동의 연구 지원 프로그램에 참여하는 기회를 확보하게 되었고 기술 격차 해소를 꾀할 수 있었던 것이다. (Deubner, 1977: 55-57).

저도정비가 진행되면서 1957년 독일 정부는 최초의 원자력 프로그램을 내놓게 된다. 독일 원자력 위원회 산하 전문위원회 II와 III에 소속된 '원자로' 작업반의 작품으로 알려진 1차 원자력 프로그램은 '엘트빌러 프로그램(Eltviller Programm)'이라고도 불린다(Radkau, 2013: 105). 여기에는 기업들이 저마다 원자로 개발 경쟁에 뛰어들어 서로 피해를 주는 일을 사전에 방지하고, 기업의 원자로 개발에 정부가 전폭적인 지원을 해주기를 기대하던 대기업들이 대거 참여하였다. 5개의 산업계 원자로개발 그룹이 발전회사와 협력하여 1965년까지 4-5기의 원자로(총 500MW 규모)를 개발한다는 계획이 마련되었다. 원자로 유형 선택에서는 과학기술적 관점보다는 경제적 관점이 우선되었고, 프로그램 종료 후에는 각 그룹에서 개발한 원자로를 실제 설치할 수 있는 것을 목표로 하였다. 기업들에서 높은 위험을 무릅쓰고 진행하는 프로그램이라는 이유에서 국가 지원이 정당화되었다. 참가 기업들은 국가재건은행에서 원자로 건설에 필요한 자금을 연방 보증으로 마련할 수 있게 해주었고 운영 손실비도 일부 충당해주고 설계 비용의 절반까지 대출을 보장받을 수 있었다(Bufe·Grumbach, 1979: 110-111). 하지만 정부의 지원에도 불구하고 계획된 원자로 건설은 부분적으로만 이루어졌다.

3. 원전레짐의 확립.

1) 미국(1963~1969)

1963년 말 미국의 원전 레짐의 향후에 큰 영향을 미친 두 사건이 일어났다. 오이스터크릭 원전 건설결정이 발표되고, 리코버의 오른팔인 밀턴 쇼가 해군에서 AEC로 자리를 옮기기로 결정되었던 것이다. 오이스터크릭원전(1969.12 완공)은 "정부 보조 없이 순수한 경제적 타당성만"으로 전력회사가 건설을 결정한 첫 원전이었다.²⁷⁾ 이 원전은 GE가 뉴저지중앙발전및조명회사에게 고정가격-턴키계약을 제안하여 성사된 것이었다. GE의 공급가액을 기준으로 분명 가격경쟁력이 있었다. 하지만 당시의 일부 분석가들은 GE가 손실을 감수하고 시장을 선점하려는 전략적 행동을 했다고 보았다. 1962년 이래 특수핵물질사유화(허용)법이 논의되기 시작한 상황에서 원전설비 공급시장이 확대될 것이라고 예측했다는 것이다.²⁸⁾

특수핵물질사유화법은 1964년 8월 발효되었고, 1965-66년에 걸쳐 소위 "초대형 편승시장 Great Bandwagon Market"이 형성되어 미국 내에서 49기의 원전이 주문되었다(착공 기준으로는 1965년 1월 기준 21기의 원전이 있었는데, 오이스터크릭원전만이 정부보조를 받지 않았

27) Alice Buck, AEC History (US DOE, 1983), p.11

28) I. C. Bupp & J-C Derian, The Failed Promise of Nuclear Power (Basic Books, 1978)

다). 이 시장은 모두 AEC와 해군, JCAE가 선호한 경수로들이 주도하였는데, AEC는 산하 연구기관들의 회의와 대안 모색에도 불구하고 발전용 경수로로 상용화를 추진하였다. 이 과정에 참여한 웨스팅하우스, GE, 밥콕&윌콕스, 컴버스천엔지니어링 4개사가 미국 내 원전시장을 장악했던 것이다.

오이스터크릭원전 이후의 AEC는 원전산업의 보조역할에서 점차 벗어났다. AEC 의장으로 노벨 화학상 수상자 글렌 시보그가 장기재직(1961.3~71.8)하였는데, 그는 쿠바 핵위기, 핵무기 개발, 미소 상호 감시, 핵 군축 협상 등 격동의 시기를 거대한 AEC 조직 전반을 이끌고 해쳐 나가는 바쁜 시기를 보냈다. 원전산업에 가장 큰 영향을 미친 인물은 리코버의 휘하에서 노틸러스호와 엔터프라이즈호의 경수로 제작을 담당했던 밀턴 쇼였다.

미 해군, 즉 리코버 그리고 밀턴 쇼는 원자로는 가압경수로로서 일단 완성되었고, 남은 것은 점진적 개량이면 충분하다는 입장을 견지하였다. 안전관리도 잘 확립된 매뉴얼에 따라 엄격한 규율을 지키는 엘리트 엔지니어들이 종사하면 사고가 발생하지 않는다고 믿었다. 실제로 오늘날까지 미 해군의 군용 원자로들은 극도로 낮은 사고율을 자랑한다.

AEC 원자로 국장으로서 쇼는 새로운 발전용 원자로나 예기치 못한 사고에 대한 산하연구기관들의 연구는 낭비이며, 안전관리 또한 운영자인 민간전력회사가 높은 수준의 정확성과 규율을 준수하며 담당해야 한다고 믿었다.²⁹⁾ 그는 원자로 개발국장으로서 우라늄 낭비에 대처할 증식로 개발 및 실용화가 AEC의 임무이고 완성된 발전용 경수로의 점진적 개량은 설비업체의 몫이라고 굳게 믿었다. 즉 AEC는 발전용 경수로 보급 다음 단계로 나아갔던 것이다. JCAE도 쇼의 견해를 적극지지하여 위원장 홀리필드는 미국 원자로 연구의 대부분이었던 알빈 와인버그에게, 쇼와 JCAE가 불필요하다고 보는 추가 안전연구를 고집한다면 AEC에서 떠나라고 청문회에서 면박을 줄 정도였다.

한편 1956년부터 추진하던 미국 원자력기술의 해외진출도 이 시기에 가시적인 성과를 내기 시작하였다. “평화를 위한 원자력” 선언이 명시한 해외협력은 설비업체들에게 JCAE-스트로스 간의 정치적 교착상태와 무관한 새로운 시장의 열쇠였다. 1956년 AEC와 국무부 산하 미국수출입은행(Exim)은 미국 설비의 해외수출에 협력하기로 협약을 맺었다. AEC와 Exim의 협력은 1960년대 GE의 가압경수로 인도수출로 첫 성과를 내었고, 1970년대에는 일본과 한국 등 아시아 시장에서의 성과가 확대되었다.

원래 미국 국무부는 다자간 협의체인 EURATOM을 통한 미국의 유럽내 영향력을 확대가 목적이었기 때문에 원자로형에 대한 선호는 없었다.³⁰⁾ 반면에 다자간 협의보다는 양자간 협의를 선호하는 AEC는 구조적으로 경수로형을 보급을 추진하는 것이 자연스러운 상황에 놓여 있었다. 이미 AEC는 IAEA를 통해 국제적인 원자력 협력에 경험과 노하우를 축적하고 있었을 뿐만 아니라 기술과 핵물질을 통제했기 때문에 국무부를 제치고 주도권을 쥐 수 있었다. 스트로스 이래 AEC의 정책인 조속한 원전 상용화와 민간업체 육성은 기존 설비업체의 시장확대를 의미하였다. 또한 미국의 4대 원전설비업체들도 경수로 분야에 실적을 지니고 있었다. 이러한 상황에서 1962년 말 오이스터크릭 원전 발표와 1960년대 “초대형 편승시장”, 그리고 Exim의 유리한 용자조건은 미국의 경수로가 경제적이라는 인상을 각인시켰다.

29) Thomas R. Wellock, “Engineering Uncertainty and Bureaucratic Crisis at the Atomic Energy Commission, 1964-1973” *Technology&Culture* 53(2012), 853
(bio)

30) J. Krige, “The Peaceful Atom as Political Weapon: Euratom and American Foreign Policy in the Late 1950s” *HSNS* 38, 5-44.

2) 영국 (1957~1965)

1956년의 수에즈 위기는 영국에서 석유 부족 사태를 가져왔다. 동시에 석유를 대체할 수 있는 원자력의 필요성에 대한 긍정적 인식을 심어주는데 기여했고, 정부는 에너지 자원을 석탄에서 석유로 전환시키려던 계획을 잠정 중단했다.³¹⁾ 1957년 4월 신설 에너지부는 백서를 통해 1965년 말까지 발전량을 5천-6천MW 공급할 수 있도록 최초 원전 건설계획을 수정하는 안을 제시했다.³²⁾

계획은 노동당 정부에 의해 국유화(1948)된 전력산업을 관장한 BEA(British Electricity Authority)가 원전을 운영하고, 원전 건설은 입찰을 통해 개별 민간 기업에게 맡길 생각이었다. 하지만 원전 건설은 단일 기업이 감당하기에는 방대하고 복잡하다는 점이 지적되어,³³⁾ 여러 개의 관련 업체들이 연합한 컨소시엄(consortia)을 구성해 입찰하는 방식으로 변경됐다. 이러한 정부 방침에 따라 당대 영국의 대표적인 엔지니어링 분야 민간회사들을 중심으로 처음에 4개의 컨소시엄 그룹이 등장했고, 이듬해인 1956년 1개의 컨소시엄이 추가됐다.³⁴⁾

그러나 다수의 경쟁 컨소시엄 육성안은 상당한 문제점을 안고 있었다. 5개는 국내 업무량에 비해 과다했고, 기술력이나 재정 실적이 미달하는 업체들이 참가할 수 밖에 없었다. 이 때문에 합병 조치를 취한 덕분에 컨소시엄 수는 3개로 줄어들었다. 그렇다고 본질적 문제가 해결된 것은 아니었다. 원자로 설계 부문의 경우 컨소시엄 간 상호 경쟁을 통해 상당한 진전을 이뤘으나, 발전소 설계가 미(未)표준화된 탓에 국가적 차원에서는 오히려 해외 경쟁력을 약화시키고 말았다.

UKAEA가 주관하는 프로젝트들이 기하급수적으로 늘어나면서 문제점이 불거졌다. 특히 프로젝트의 과다로 인해 핵심 연구에 집중하지 못하고 연구 재원을 넓게 늘어놓는 방식이 되고 말았다. 연구 관장 총책임자였던 페니 경도 당시 UKAEA가 너무 많은 원자로 모델을 조사하고 있었고, 그러다보니 점차 통제가 어려워진 측면이 있었노라고 솔회한 바 있다.³⁵⁾ 문제점들이 심화되면서 UKAEA는 조사위원회를 임명하여 정밀조사를 실시코자 하는 시점에서 윈드스케일 사고가 터졌다.

1950년대 말부터 영국의 ‘원자력 도취(nuclear euphoria)’ 시대가 저물고 있음은 분명했다. 1960년 6월에 발간된 백서에서 정부는 석탄과 원유 생산량은 더 이상 부족하지 않으며 기존 화력발전소에서 생산되는 전기 가격이 원자력보다도 25% 정도 저렴하다는 점을 인정했다.³⁶⁾ 1965년까지 원자력 발전량을 3,000MW로 낮춘 정부의 수정안이 마련됐다.³⁷⁾ 실제로는 1965년 말 2,126MW 정도의 전력만을 생산하는데 머물렀다. 영국 밥콕&윌콕스사의 CEO 헤

31) R. F. Pocock, *Nuclear Power* (1977), p. 55.

32) "Capital Investment in the Coal, Gas and Electricity Industries," *Command Paper*, 1957.

33) R. F. Pocock, *Nuclear Power* (1977), p. 50.

34) 이들 5개의 컨소시엄은 다음과 같다: Associated Electric Industries (as the Nuclear Energy Company, NEC), the General Electric Company (as the Atomic Energy Group, AEG), English Electric (as the Atomic Power Group, APG), CA Parsons (as the Nuclear Power Plant Company, NPPC), Internal Combustion and Fairey Engineering (called Atomic Power Constructions, APC). 그리고 한 개의 컨소시엄에는 기본적으로 보일러 제작회사, 토목회사, 그리고 터보 제작 관련회사가 포함되어야만 했다. 1960년 말에 5개의 컨소시엄은 합병 - NEC가 NPPC와 결합하여 NPG(Nuclear Power Group)가 됐고, AEG가 APC와 합해져서 UPC(United Power Company)가 됐음 - 을 통해 3개로 줄어들었고, 이후 줄곧 3개의 컨소시엄만 존재했다.(출처: W. C. Patterson, *Going Critical: An Unofficial History of British Nuclear Power*, London: Palatin Grafton Books, 1985, pp. 7-8).

35) Roger Williams, *Nuclear Power Decisions* (1980), p. 42.

36) "The Nuclear Power Program," Cmnd. 1083, Jun. 1960.

37) Simon Taylor, *Privatization and Financial Collapse in the Nuclear Industry* (2007), p. 18.

이그 경(Sir Kenneth Hague)의 평가에 의하면, 1962년을 기준으로 영국의 원자력 산업계가 입은 손실 총액은 무려 2천 5백만 파운드에 달했다.³⁸⁾

하지만 당시 유라툼(Euratom)의 실적과 비교할 경우 크게 실망할 정도는 아니었다. 왜냐하면 1967년 말까지 유럽 6개국 연합체였던 유라툼은 계획한 15,000MW 중 겨우 2,177 MW만을 생산하는 상황에 있었기 때문이다. 또 당시 영국은 건설 중인 6기의 매그녹스 원전을 포함하여 세계 최정상급의 원전 프로그램을 자랑하는 원전 국가임에 분명했다.

3) 프랑스(1958~1969)

1958-1969년 드골 집권기 동안 드골은 국가 사이의 관계에 있어서 논리나 감정보다 힘의 현실이 더 큰 무게를 가진다고 보았던 드골은 미국과 소련사이에서는 중립을, 그리고 프랑스와 미국사이에서는 동반자 관계를 역설하면서 늘 프랑스의 ‘국익’과 ‘위대함’, 그리고 ‘영광’을 추구했다.³⁹⁾ 따라서 드골과 드골주의자들에게 자주국방을 위한 핵무기 개발은 당위적 과제였다. 미국과 영국, 소련이 핵실험 금지를 논의하던 중인 1959년 드골은 핵무기 보유국이 함부로 핵을 사용하지 못하도록 하기 위해 프랑스도 핵무기를 갖겠다는, 소위 ‘핵 억지력’의 논리를 내세워 핵무기 보유를 선언했다. 미국의 반대에도 불구하고 1960년 2월 13일 알제리의 사하라 사막에서 프랑스 최초의 원자폭탄A 실험을 성공시킨 프랑스는 핵 확산의 길을 열었다.⁴⁰⁾

1960년대에 들어서면서 프랑스의 독자적인 원자력 기술개발을 주장하는 CEA와 현실적으로 경제성을 추구하는 EDF 사이에 점차 갈등이 표출되었다. 이들은 자본주의에 도달하는 방식에 있어서도 CEA는 협력을, EDF는 경쟁을 부각시켰다.⁴¹⁾ 특히 이 두 집단의 갈등이 고조된 것은 1963년 EDF가 70MW의 시농A-1(ChinonA-1)을 개발함으로써 CEA와 EDF 사이에 원전 기술 형태, 즉 CEA의 프랑스형 원자로와 EDF의 미국식 원자로를 둘러싼 일종의 ‘노형 투쟁(guerre de filière)’이 시작된 때였다. 시농1, 2, 3호기의 설계에 대해 CEA는 G2, G3의 실험용 원자로의 설계를 기본으로 해야 한다는 입장이었으나, EDF는 발전용 원자로의 소유자이자 운영자인 자신들의 요구 사항이 받아들여져야 한다는 입장을 고수했다. 결국 EDF의 설계안이 채택되어 공사에 들어갔다. 하지만 시운전 착수이후까지 기술적 문제와 분쟁이 끊이지 않았다. 이에 대해 CEA는 자신들의 기술적 실적에 기초한 설계를 받아들이지 않은 때문이라고 비난했고, EDF는 운영상의 문제를 들어 자신들의 의견을 굽히지 않았다.

EDF는 낮은 비용을 강조하는 미국식 경수로에 관심이 있었으나 기술민족주의의를 내건 드골 정부와 CEA는 자신들이 개발한 가스냉각형 흑연감속로를 쉽게 포기할 수 없었다. 더구나 프랑스는 잠수함용 원자로 기술을 제공하지 않는 미국에 반발해 NATO에서 탈퇴를 선언하고 독자적인 개발에 나서고 있는 상황이었다. 연료인 농축우라늄을 미국에 의존해야 하는 경수로는 프랑스 정부의 우선 검토 대상이 아니었다. 프랑스 정부는 1964년 2.5-4GW 규모의 원전 개발계획을 결정하고 우선 400-500MW급 생로랑(St. Laurent) 1, 2호 및 뷔제(Bugey) 1호

38) *Nuclear Engineering*, vol. 7 (1962), p. 339.

39) 문지영, “드골의 대미외교정책, 1958-1969”, 『프랑스사연구』, n° 16(2007), pp. 165-192 참조.

40) 문지영, “드골의 대미외교정책, 1958-1969”, p. 185. 프랑스의 핵무기 개발은 급성장했다. 1968년 8월 첫 수소폭탄 실험에 성공한 후 다수의 핵탄두를 제조하고, 원폭 투하 폭격기 편대 및 핵탄두 장착 미사일 대대를 창설했으며, 핵미사일을 장착한 잠수함(Le Redoutable) 3척을 건조하기에 이르렀다. 이외에도 드골은 콩코드(Concorde) 초음속기의 개발, 컬러TV 기술개발, 컴퓨터 생산계획 등의 여러 과학기술적 혁신을 달성했다.

41) Philippe Simonnot, *Les Nucléocrates*, p. 189.

등 3기의 가스흑연로 건설을 추진하게 된다. 한편 EDF는 프랑스 바깥에서 마침 벨기에가 계획하고 있던 미국 웨스팅하우스사의 가압 경수로 건설뿐만 아니라 동시에 스위스와 미국 제너럴일렉트릭사의 비등형 경수로 건설에 공동 참여했다. 300MW의 가압수형 경수로인 벨기에의 쇼(Chooz) 원전은 1967년 성공적으로 운전을 시작했던 반면 목표 기한을 넘겨 같은 해 운전을 개시한 프랑스의 가스흑연로인 시농3호기에서 발생한 기술적 문제가 알려지면서 EDF는 경수로에 대한 확신을 굳히게 된다.

1960년대 중반 이후 미국은 농축우라늄의 안정적 공급을 확약하며 경수로의 수출을 지원했다. 게다가 프랑스에서도 군사용으로 개발하고 있던 우라늄 농축공장이 운전에 성공하자 농축우라늄의 해외 의존도도 감소하게 됐다. 이에 EDF는 경수로를 추천했다. 하지만 드골 대통령은 다른 강대국들이 실험에 성공한 수소폭탄을 개발하고 있던 CEA를 지지했다. 또 1967년 CEA는 중수로 추진 핵잠수함 진수에 성공하였다.

한편 1967년 PEON 내에서 국립행정학교(Ecole Nationale de l'Administration: ENA) 출신의 테크노크라트들이 위원직을 더 확보하는 변화가 일어났다. 시모노는 이러한 변화에 대해 1967년을 프랑스 원자력의 역사에서 '기술자(techniciens)' 시대의 종말이자 '경제학자(économistes)' 시대의 서막으로 평가했다.⁴²⁾ 1968년 4월 PEON위원회는 '가스흑연로의 건설은 페센하임(Fessenheim)을 마지막으로 하고, 경수로를 시급히 건설해야 한다'는 권고안을 제출했다.

1968년 5월 혁명은 이듬해 4월 드골의 퇴장을 불러왔다. 이는 원전개발계획에도 즉각적인 영향을 끼쳤다. 친미적 성격이 강했던 조르주 포피두 대통령의 등장은 미국식 경수로의 선택에 결정적인 인자로 작용했다. 포피두 정부에서 CEA청장으로 임명된 앙드레 지로(André Girault) 역시 EDF의 경수로 노선에 손을 들어주었다. 마침 그해 10월 생로랑 1호기가 운전을 개시한지 얼마 되지 않아 연료봉이 녹아내리는 사고가 발생해 운전이 중지되는 사태가 벌어지자 포피두 정부는 "지금까지의 가스흑연로 노선을 종결하고 고속증식로 개발을 최우선 과제로 하되 그때까지는 농축우라늄을 사용하는 원자로의 도입을 검토한다"는 기존 원자력 정책의 선회를 발표했다. 이에 EDF는 1970년에 아직 건설이 시작되지 않은 페센하임에 당초 예정되었던 가스흑연로 대신 경수로 1호기를 건설하기로 결정했다. 이로써 CEA와 EDF 사이의 15년에 걸친 노형 투쟁은 완전히 종식되었고, 프랑스의 원전레짐은 EDF주도로 경수로 표준화의 길로 나가게 되었다.

4) 독일(1961~1969)

1957년 독일의 첫 원전 프로그램은 원자로 계약의 발주자가 되어야 할 발전회사의 참여가 저조하여 계획을 달성하지 못했다. 하지만 1958년 AEG가 거대발전회사 RWE의 주문으로 GE의 기술을 도입하여 착공한 칼 원전이 1961년 6월에 가동에 들어갔다. 에너지 공급의 측면에서나 경제성의 측면에서의 의미는 없었지만, 원자력 발전소 가동 경험을 쌓을 수 있는 학습용 발전소, 인력 훈련소로서의 기능은 할 수 있었다. 또한 미국에서보다 단기간에 건설하였기에 독일 원전기술의 발전을 보여주는 것이기도 했다. AEG와 RWE는 규모를 키운 그른트레밍엔 원전(1966)을 세웠으나 아직은 원자력 발전소의 경제성에 대한 회의적 시각을 바꾸지는 못하였다(Radkau, 2013: 176).

1967년 중반 독일의 경수로 원전들은 원전옹호론자들이 주장했던 경제성을 입증할 기회를 맞이하였다. 1967년 AEG와 지멘스가 각각 600MW대 원전 건설을 시작하였던 것이다. 이 원

42) Philippe Simonnot, *Les Nucléocrates*, p. 19.

전들은 미국이 1963년에 도달한 경제성에 이를 수 있게 된 것으로 평가되었다.

게다가 이 계약들은 그간 주저하던 발전회사들의 주도로 이루어졌다. 독일 원자력 포럼은 1960년대 중반 미국에서 일고 있는 대형 경수로 시장의 성장을 보면서 독일에서도 이와 같은 대형 경수로 건설 진작을 위해서 발전업자들에게 재정 지원을 강화할 필요성을 주장하였다. 즉, 중장기 대출을 보장하여 투자 보조를 해주고, 연방에서 운영에 따른 위험 비용을 부분적으로 부담하도록 하며, 설비 제공자에게 부가세를 면제해줄 것 등, 원자력 발전업자들에게 국가의 재정 지원을 광범위하게 늘릴 것을 제안하였던 것이다(Bufe- Grumbach, 1979: 141). 독일 원자력부에서 받아들인 이 제안은 원자력 발전 사업의 위험성을 경감시켜주었고 발전회사들이 사업에 참여하는 동기로 작용했다. 재정 지원 규모와 내용이 확대되면서 시범 발전소 건설에는 참여했으면서도 원자력 발전에 회의적인 시각을 유지해 온 RWE도 1969년 상업용 원자력 발전소 건설에 나서게 되었다. RWE 사는 당시 최대 규모였던 1,145MW 가압경수로 발전소 건설 계약을 체결하였다.

하지만 독일 원전산업의 장래에 밝은 조짐만 있었던 것은 아니다. 1968년 지멘스의 아르헨티나 원전 수출도 발전소 건설에 들어가는 모든 비용을 독일 정부가 보장하는 용자와 보조금으로 충당하도록 하였다(Radkau, 2013: 181). 시장 규모에 비해 설비업체도 많았다. 1965년의 7개 업체가 곧 지멘스와 AEG 양분체제로 개편되었다. 원전 경제성을 높이기 위한 원전 규모 대형화도 계약 기회의 감소를 의미했다. 양사는 결국 1969년 합작 회사 KWU를 설립하여 경쟁을 피하게 되었다.(Höfer-Bosse et.al., 1984: 53).

또한 독일의 원자력계가 세계 시장에서 경쟁력 있는 원자력 산업을 키우려고 노력하는 동안에도 일반 시민들의 원자력 에너지에 대한 회의적인 시각은 쉽게 사라지지 않았다. 1950년대와 마찬가지로 대다수의 시민은 핵에너지와 원자폭탄, 대량 살상의 이미지를 연계시키고 있었고, 저준위 방사능 위험에 대한 우려도 낮아지지 않았다(Roose, 2010: 80). 발전소에서 나오는 방사능이 공기와 지하수를 통해 지역을 오염시킬 수 있다는 우려를 비롯해 원자력 발전소 냉각탑에서 내뿜는 연기로 인해 발전소 주변 농장들이 피해를 볼 것이라는 우려 등이 시범 발전소가 예정된 부지 주변의 주민들 사이에 널리 퍼져 있었다. 고향의 경관 파괴 등에 저항하며 전통적으로 자연보존 운동을 펼쳐 온 독일의 환경 운동 역사도 초기의 원전 반대 주민 운동에 영향을 미쳤다. 거대한 원자력 발전소는 그들의 고향과 거주 환경을 파괴하는 것으로 받아들여졌다. RWE 사의 그룬트레밍엔 원자력 발전소는 식수 오염을 우려한 지역 주민들의 반대에 부딪쳐 원래 예정 부지에 들어서지 못하게 되는 일도 발생했다. ‘내 뒷마당에’ 원자력 발전소를 들여놓을 수 없다는 지역 주민들의 반대는 RWE 사로 하여금 새로운 부지를 찾게 만들었고 결국 발전소는 1966년에야 가동에 들어갈 수 있었다(Hasenöhrl, 2003: 16).

4개국의 원전레짐은 지금까지 원자력 발전 추진 체계만을 중심으로 보더라도 뚜렷한 차이를 보인다. 기업과 시민운동의 측면도 살펴보아야 원전레짐의 특성이 제대로 드러날 수 있겠지만, 원자력 발전이라는 거대기술이 차츰 수렴해가면서도, 각국의 원전레짐은 중앙집권적(영, 불) - 분권적(미, 독), 시장주도(독, 후기미국)-국가주도(영, 불, 초기미국)로 대비를 보여준다. 또 후기로 갈수록 경제계의 영향이 증대되는 경향은 공통되지만 크기가 달랐고, 정당(미), 테크노크라트의 권력투쟁(불) 등의 정치적 요인이나, 영광(불)과 위신(영) 등 문화적 요인들도 중요한 역할을 하였다. 이런 측면에서 점차 심화된 원전레짐의 차이들은 1970년대 이후 각 원전레짐이 겪은 부침과 21세기의 현황을 설명할 가능성이 높다.