

世紀末의 大革新 技術 : 超 傳 導 體

丁 權 夏

(기술 예측 연구실)

인류 역사상 또하나의 엄청난 대발견으로 인류 문명이 안고 있는 여러 가지 한계를 극복할 수 있다고 믿어지는 기술의 하나로 초전도체가 급격히 부상되고 있다.

1911년 H. K. Onnes (네덜란드)가 임계 온도 4.25K에서 액체 헬륨으로 수은을 냉각시켜 전기 저항이 전혀 없고 영구적으로 전류가 흐르며 에너지 손실이 거의 없는 초전도 현상을 발견한다. 이후 보다 높은 임계 온도를 가진 재료에 대한 연구가 착수되어 금속, 합금, 금속간 화합물 초전도체들이 연속적으로 발견되었다. 1959년 강자성에서 초전도 특성을 유지하는 NbTi가 발견됨으로써 실용화 가능성을 인정받고 이의 응용에 대한 관심이 급격히 고조되기 시작하였다. 특히 1986년 IBM의 취리히 연구소에서 30K~50K라는 높은 임계온도를 갖는 란탄-바륨-구리의 산화물, 그리고 1987년에 액체질소의 비점인 77.4K보다 높은 90K의 이트륨-바륨-구리의 초전도 산화물이 발견되어 실용화의 가능성이 점점 높아지고 있다.

무기계 초전도체 발견은 1986. 4월부터 1988. 3월까지 거의 1~2개월에 한 번씩 임계온도를 갱신하고 있음을 알 수 있다. 임계온도가 상승하는 것은 점점 상온에 가까운 온도에서 초전도 현상을 나타내기 때문에 중요한 의미를 갖는다. 즉, 액체헬륨은 4.25K, 액체수소 20.4K, 액체질소 77.4K, 액체탄산 203K인데 이것은 현재 사용되고 있는 보통 냉동기가 243K(-30°C), 그 다음이 상온 상태인 것을 보면 이해할 수 있다. 특히 중요한 것은 초전도 현상을 나타내기 위해 온도를 낮추는 데 사용되는 냉매를 액체 헬륨에서 액체 질소로 사용한다는 것이다. 이것은 현재 액체 헬륨의 가격이 리터당 5달러인데 비해 액체질소는 불과 몇 센트이므로 경제적인 면에서 약 100배의 효과가 있다.

20세기 최대의 기술혁신으로 대표되는 초전도

체에 관한 연구가 전세계적으로 활발하게 진행되고 있는 것은 초전도체가 실용화되면 에너지·교통·우주·해양·정보 통신 등 전 산업에 획기적인 발전을 가져올 것이 확실하기 때문이다.

초전도체의 상용화 및 응용화를 위하여 미국과 일본은 치열한 기술 경쟁을 벌이고 있는데, 일본은 가공 및 응용 분야에서 강세를 보이고 특히 에너지 자원이 부족하기 때문에 발전 시스템, 에너지 저장 시스템 및 자기 부상 열차 등에서의 응용 개발 연구에 집중하고 있다. 반면에 미국은 기초 연구 분야에서 앞서 있으며 차세대 첨단 국방 군사 기술 특히 SDI 계획과 관련하여 국방성에서, 그리고 상업화를 위한 기술 개발은 상무성에서 주관하고 있다. 더욱이 1987년에 레이건 대통령이 직접 초전도체 개발 정책을 발표할 정도로 국가 차원의 핵심 연구 개발 과제로 부각되어 있으며 산·학·관의 밀접한 협력으로 효과적이고 가속적으로 추진하여 실용화 개발 경쟁에서 일본을 능가하려는 개발 정책을 취하고 있다. 1989년도의 초전도체에 관한 연구 개발비는 미국이 약 14억 달러 일본이 약 120억 엔 규모이며 매년 증가되고 있는 추세이다.

초전도체를 여러 분야에 응용하기 위해서는 아직 해결해야 할 몇 가지 기술적 난관을 극복해 내야 하는 것은 사실이다. 그러나 초전도체가 실용화되면 현대 과학 기술의 장벽을 극복할 수 있어 경제·사회 전반에 미치게 될 충격은 거의 무한대라고 할 수 있다. 예를 들면, 초전도 코일의 개발로 발전기, 모터, 변압기 등의 기본적인 설계 개념이 혁신되며 초전도 케이블을 개발하여 송전할 경우 전력 손실이 1/6로 감소하고 송전 용량은 5배가 증가한다.

핵융합이 성공되면 지구에 태양을 가져온 것 같은 무한한 에너지가 가능하고, 무손실의 에너지 체계 확립을 지향하는 지구 전력망을 구축할 수 있다. 또한 조셉슨 소자에 의하여 현재의 수

퍼컴퓨터를 대신할 강력한 소형 슈퍼 컴퓨터가 탄생할 것이며 초전도 양자 간섭 소자의 개발로 초고강도 자기 센서를 완성시켜 뇌의 활동을 해석할 수 있을 뿐만 아니라 물질의 기초 구조를 명백히 밝힐 수 있는 초고속 입자 가속기를 개발할 수 있다. 특히 초전도 추진 장치에 의한 선박, 고성능 초전도 모터를 이용한 전기 자동차, 그리고 시속 500km 이상으로 운행할 수 있으며 소음과 진동이 거의 없는 유도 반발식 자기 부상 열차가 차세대 교통 수단으로 각광을 받을 수 있다.

미국은 세계에서 최초로 자기 부상 열차(Maglev: magnetic levitation)에 관한 연구를 1960년대 말부터 1975년까지 수행하였으나 예산상의 제약으로 중단되었다. 그 후 1988년 미국 의회에서 이 문제가 논의되어 상원에 Maglev기술 위원회가 설치되었으며 1990년 5월에는 운수부(DOT)과 에너지부(DOE)가 주축이 되어 "Maglev Forum"이라는 프로그램으로 다시 자기 부상 열차에 관한 실용화 연구가 시작되고 있다. 가장 유력한 건설 후보지로는 보스턴-워싱턴 D.C. 구간이며 승객 150명, 길이 100피트, 무게 30톤 규모의 자기 부상 열차 개발을 목표로 하고 있고, 건설 비용은 6백만~8백만 달러/마일로 예상하고 있다.

일본의 국유 철도에서는 이미 7km의 시험용 선로를 건설하여 무인으로 517km/h(79), 유인으로 400km 이상/h(82)을 실현시켰으며 현재도 가장 중요한 사회·경제적 문제와 함께 실용화 기술을 개발 중에 있다. 자기 부상 열차의 실용화에 장벽이 되고 있는 것은 강력한 초전도 자석 및 냉동 액화기의 정량화, 추진·부상 및 안내 방식의 최적 방법, 전력 공급 시스템의 개선, 초전도 자석의 누설 자장이 인체에 미치는 영향 및 경제성 평가이다. 일본 경제 신문은 자기 부상 열차의 실현 시기를 1995~2000년, 그리고 일본 NIKKEI 연구소에서는 2005년 경으로 예측하고 있다.

초전도 자기부상 열차는 차륜식 고속전철인 프랑스의 T.G.V.(Train à Grande Vitesse), 독일의 Transrapid, 일본의 신간선에 비해 지상에서 고가도로 형태로 운행되며 무공해 교통 수단이기 때문에 도시간 장거리용으로 도심 내는 물론 어디에서나 사용할 수 있고 고가 도로의 밑을 토지로 사용하여 토지 사용률을 증가시킬 수 있다. 최근 안전하고, 보다 수명이 긴 고속 철도와 간선 고속 교통 시스템과 물류의 소형화, 다양화, 신속화, 저코스트화 등 사회로부터의 요구 변화에 대응한 교통·수송 시스템의 고도화 차원에서 선진 각국에서는 2000년대에 본격적으로 실용화될 수 있도록 국가 차원에서 모든 지원 수단을 동원하여 총력을 기울이고 있다.

한편, 한국의 초전도체에 관한 연구 개발은 1987년부터 시작되었으며 1991년초 한국 표준(연)에 "고온 초전도 기술 개발 사업단"을 발족시켜 선진국 대열에 참여하기 위한 국책 과제를 수행하고 있다. 또한 경부선의 고속 전철 건설 계획으로 교통부 산하에 "고속 전철 기획단"이 설립되고 1993년의 무역 박람회를 계기로 시험용 상전도 자기 부상 열차를 정부 출연(연)과 산업계가 공동으로 개발하고 있어 초전도체에 대한 관심이 고조되고 있다. 그러나 세계적으로 연간 10억 달러 정도가 고온 초전도체 연구에 사용되고 있는 데 비하여 한국은 1988~1990년 3년 간 약 35억 원의 연구비가 지원되었다. 따라서 초전도체 개발 경쟁에 뒤떨어지면 선진국에의 도약이 불가능하다는 각오로 국가 차원의 효율적이고 계획적인 연구 방향 정립이 필요하며 이를 위해 출연(연)을 중심으로 산·학·정부의 유기적이고 종합적인 연구 개발 시스템을 구축해야 할 필요성이 절실하다.