고온초전도 기술개발동향

정근하[1)]

Ⅰ. 머리말

1986년 9월 Bednorz와 Muller에 의해서 고온초전도체가 발표된 지 10년이 지났다. 고온초전도체 발견이 전문가들에게 관심의 대상이 되는 이유는 전기에너지를 획기적으로 개혁시킬 수 있다는 것과 전혀 예상치 못한 발견이라는 점 때문이다.

또한 고온초전도체 연구가 여러 학문분야에서 광범위하게 확산될 수 있었던 원인은 무엇보다 이 물질을 실험실에서 간단히 합성할 수 있기 때문이다. 즉 시중에서 쉽게 구할 수 있는 몇 가지 산화물과 1,000℃ 정도까지 올릴 수 있는 전기로만 있으면 충분하다. 그리고 냉매인 액체질소는 액체헬륨보다 약 1/100 저렴한 300원/l으로 비교적 쉽게 구할 수 있다.

20세기 최대의 기술혁신으로 대표되는 초전도체가 실용화되면 인류문명이 안고 있는 여러 가지 한계를 극복할 수 있고 에너지, 교통, 우주, 해양, 정보통신 등 전산업에 획기적인 발전을 가져올 것이 확실하다. 예를 들면, 초전도 코일개발로 발전기, 모터, 변압기 등의 기본적인 설계개념이 혁신되며 초전도 케이블을 개발하여 송전할 경우 전력손실이 1/6로 감소하고 송전용량은 5배가 증가한다.

선진국들은 21세기초부터 예상되는 막대한 초전도 시장에서 주도권을 잡기 위하여 매년 약 10억불의 연구비를 초전도기술개발에 사용하고 있다. 고온초전도 응용이 현실로 다가옴에 따라 개발경쟁은 갈수록 치열해지고 있다.

따라서 본 고에서는 먼저 초전도의 정의 및 특성을 정리하고 시장규모와 관련 산업의 현황을 분석하며 주요 선진국에서의 연구개발현황과 동향을 살펴본 후 우리 나라의 연구개발 현황 그리고 정부의 연구개발 전략으로서 고온초전도 제2차 연구개발사업의 주요 내용을 소개하고자 한다.

Ⅱ. 초전도의 정의 및 특성

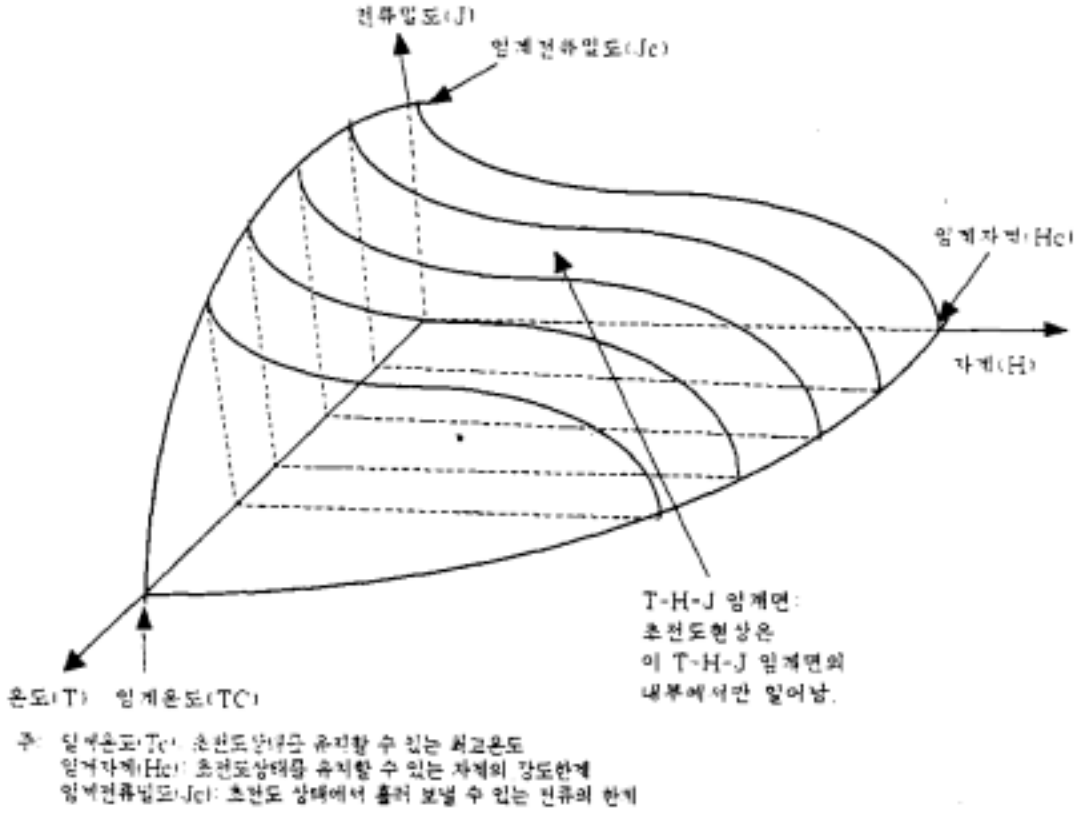
1. 정의

초전도(superconductivity)란 어떤 종류의 물질을 극히 낮은 온도(절대온도 0도에 가까운 온도)로 냉각하면 전기저항이 영으로 되는 현상이며 이러한 현상을 나타내는 금속 및 금속화합물을 초전도체(supercondutor) 또는 초전도재료(superconductive material)라 한다. 초전도 상태에서는 전기저항이 전혀 없기 때문에 전기의 무저항, 무손실, 초고속 성질을 이용한 광범위한 분야에 그 응용이 가능한 것으로 알려지고 있다.

2. 특성

초전도 현상이 나타나는 주원인(거리에 관계없이 이루지는)은 전자쌍(pairs)들과 격자(lattice)를 구성하고 있는 양이온(phanon)들간에 강한 결합(coupling)이 발생하기 때문인 것으로 알려져 있다. 전자쌍을 이루고 있는 전자들은 격자를 구성하고 있는 양이온과의 상호작용으로 인해 쌍을 이루고 있는 전자들은 함께 이동하게 된다. 온도가 높아져서 양이온들이 심한 열전동을 하고 있는 경우에는 전자쌍들이 양이온과의 충돌에 의해 그러한 결합이 쉽게 깨지나 양이온들의 열진동을 최소화할 수 있는 온도, 즉 임계온도(Tc) 이하로 낮추면 전자쌍들

<그림 1> 초전도상태의 임계면



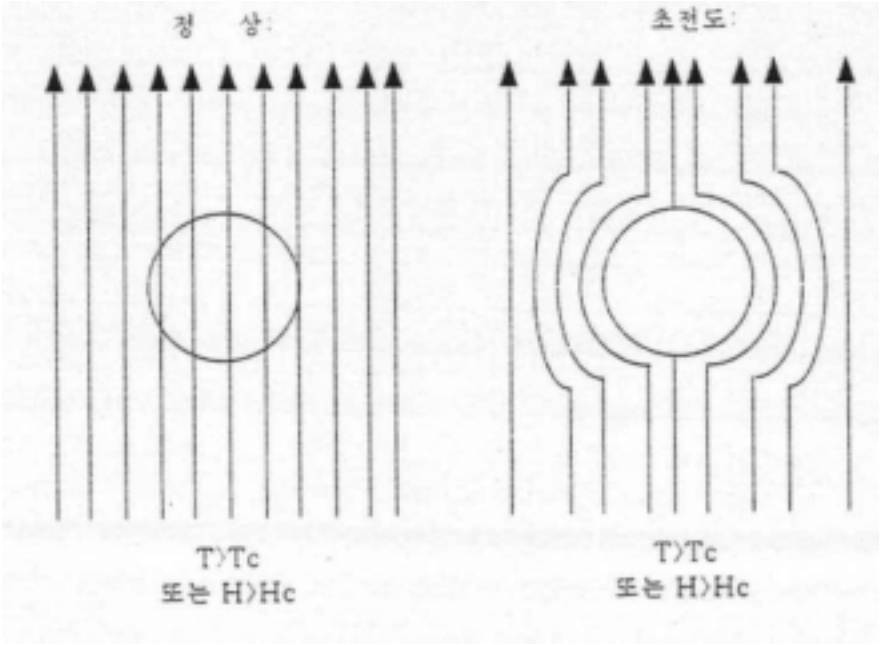
은 양이온과 충돌없이 움직일 수 있는 것이다.

초전도 상태에서는 임계온도(Tc). 임계자장(Hc). 임계전류밀도(Jc)의 3개의 임계치가 있어 Tc-Hc-Jc를 연결하는 임계면의 내부가 초전도 상태이고 외부가 상전도 상태이다(<그림 1> 참조). 실용적인 측면에서 Jc가 높은 쪽이 냉각이 용이하고 Hc 및 Jc가 높을수록 강한 자기를 발생시킬 수 있다. Tc 및 Hc는 재료의 미세한 전자구조에 의해서 결정되고, Jc는 금속조직 즉, 석출면, 전위, 결정입계 등의 결정의 불균질성에 강하게 의존하므로 재료의 가공방법에 따라 달라지게 된다. 또한 초전도체는 Tc이하나 Hc 이하에서 완전반자성(Meissner 효과)을 나타낸다. 즉, 재료가 전기저항이 전혀 없다면 자장이 통과할 수 없는 현상을 Meissner 효과라 한다(<그림 2> 참조). 그러나 실제로는 Pb, Al, Sn등 원소와 같이 완전한 Meissner 효과를 나타내는 초전도체를 제1종(Type Ⅰ)초전도체라 부르고(B=0, M=H) 합금 및 금속간 화합물 초전도체와 같이 하부임계자장(Hc1) 이하에서는 완전한 Meissner 효과를 나타내지만 Hc1 이상, 상부임계자장(Hc2)까지의 중간상태에서 불완전한 Meissner 효과를 나타내면서도 초전도 특성을 유지하는 물질을 제2종 (Type Ⅱ) 초전도체라 한다. 산화물 초전도체는 제2종에 속한다.

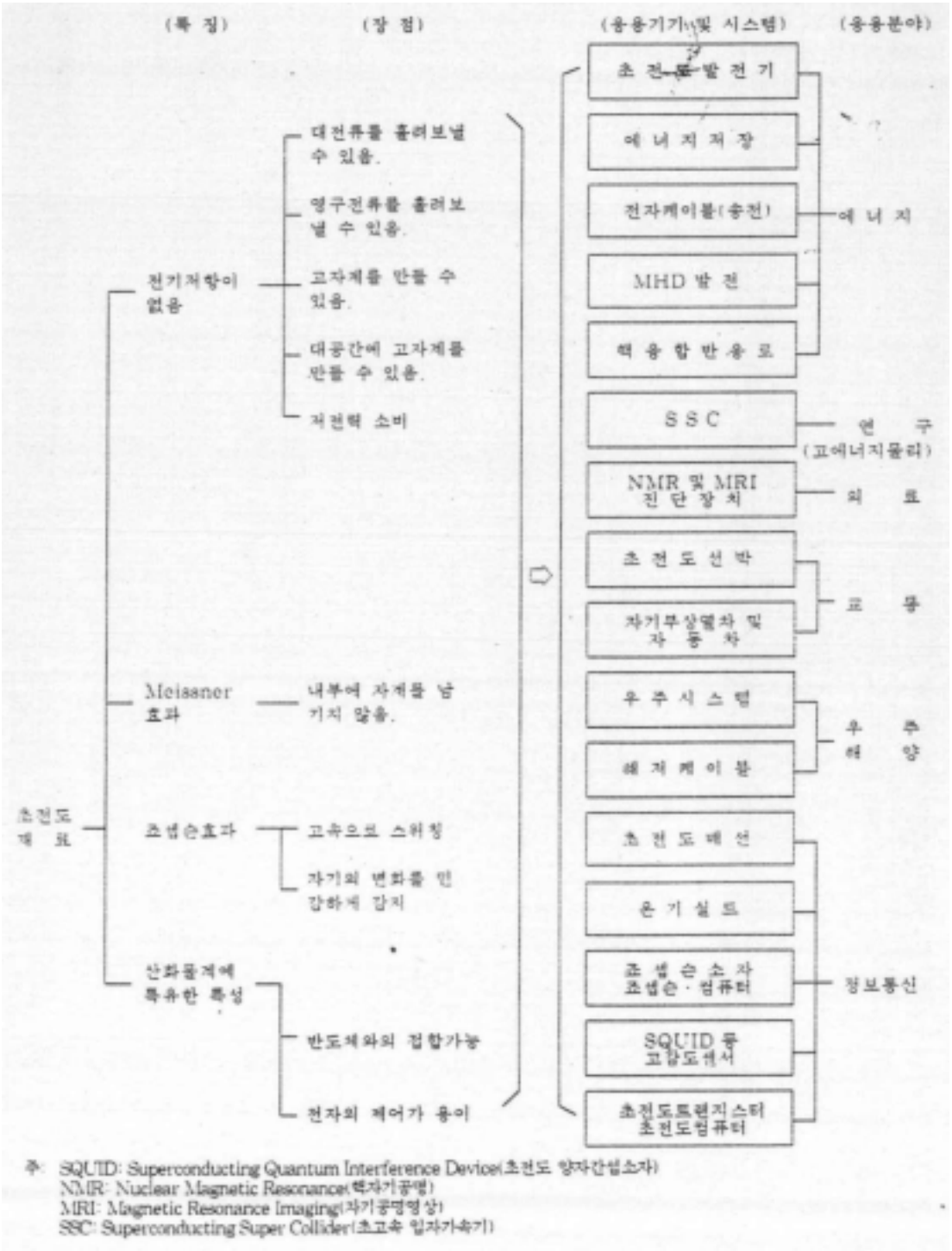
초전도체의 자기적 특성 중 또 다른 흥미있는 현상은 초전도 ring을 통해서 지나가는 자속은 자속양자(flux quantum)라고 부르는 Ø(=hc/2e=2.0678×10^{-15}T m^2)의 정수배로 양자화되어 있다는 점이다. o는 기본 물리 상수로 되어 있으며 여기서 초전도성이 거시적 양자현상이라는 것을 알 수 있다.

초전도체를 얇은 절연체로 연결하여 놓으면 전압을 가해주지 않더라도 이 절연막을 통하여 초전류(supercurrent)가 흐를 수 있다는 이론이 1962년 당시 케임브릿지 대학의 대학원생이었던 B. Josephson에 의해서 발표되었다. 조

<그림 2> Meissner 효과



<그림 3> 초전도 재료의 응용분야



셉슨 효과라고 불리는 이 양자역학적 현상은 곧 실험적으로 확인되었다.

고온초전도체가 처음 발견되었을 당시에는 이 물질이 과연 극저온 초전도체와 같은 메카니즘으로 초전도성을 갖느냐 하는 점이 최대의 관심사였다. 아직 이 문제는 근본적으로는 해결이 되지 않았지만, 고온초전도체가 우리가 알고 있는 저온초전도체와 많은 유사점이 있다는 것을 알 수 있다. 한 예로서, 고온초전도도 에너지간격을 갖고 있으며, 조셉슨효과를 보여준다. 이 효과를 이용하면 고온초전도체 SQUID(Superconducting Quantum Interference Device)를 제작하는 것이 가능하다.

3. 시장 및 관련 사업 현황

세계적으로 아직 초전도기술 관련 시장은 뚜렷이 형성되어 있지는 않으나 저온초전도 자석을 이용

한 MRI 장치와 물성측정을 위한 저온초전도 SQUID 측정장치 등이 상용화되어 시

<표 1> 2010년의 초전도 응용 분야별 세계 시장

응용분야	주 요 시 스 템	ISIS-4* 예상 시장규모(억$)	점유율(%)
전자시스템	• PCS 기지국용 필터(HTS) • 위성통신용 마이크로파 소자(HTS) • SQUID 비파괴검사 장치(HTS) • 핵자기공명장치 센서(HTS) • 디지털 신호처리장치(LTS 및 HTS)	~240	32
의료장치	• MRI용 자석(LTS 및 HTS) • SQUID뇌자도 측정장치(LTS) • SQUID심자도 측정장치(HTS)	~180	24
전력 및 에너지 저장장치	• 송전선(HTS 및 LTS) • 변압기(HTS) • 한류기(HTS) • 모터(HTS) • 발전기(LTS) • 플라이휠(HTS) • SMES 에너지 저장장치(LTS 및 HTS)	~120	16
수송장치	• 자기부상열차(LTS) • 선형 모터(LTS)	~50	6
연구개발용 장 치	• 가속기(LTS) • 선형모터(LTS)	~90	12
기 타	• 산업용 자력 분리장치 (magnetic separator)(LTS 및 HTS) • 센서(LTS 및 HTS) • 자기차폐(HTS)	~80	10
계		600~900	100

주 1. HTS: High Tc Superconductor. 고온초전도 응용시스템
2. LTS: Low Tc Superconductor. 저온초전도 응용시스템
• ISIS-4는 1996년에 미국에서 열린 제4차 국제 초전도 산업 정상회의(International Superconductivity Industry Summit)를 의미

장을 형성하고 있다. 1996년 초에 발행된 JMRI(Journal of Magnetic Resonance Imaging)에 의하면 MRI의 전세계 보유량은 9,000여대이고 매년 300~500대가 새로 판매되어 이에 필요한 초전도자석의 시장규모가 22억불 정도인데, 미국이 1995년 7월 기준 3875대, 일본의 경우 1993년 기준으로 1300여대, 한국의 경우 1996년 7월 현재 약 142대가 보급되어 있고, 연간 전세계적으로 500여대가 판매되고 있다.

고온초전도 기술 관련 시장은 초기에는 박막을 응용한 이동통신부품을 중심으로 성장하다가 점차 SQUID 응용부품, 전력응용부품 및 시스템 등으로 확정되어 갈 것으로 보이며 시장의 규모도 2010년경부터 초기 형성될 것으로 전망된다. 우리나라의 경우 전자산업이 강하고 통신시장의 빠른 증가와 의료산업의 확대 등이 예상되어 고온초전도체를 이용한 전자소자, 정보통신소자, SQUID 의료기기, MRI 자석 등의 분야가 유망할 것으로 보이며, 앞으로 에너지 관련 부품 및 시스템이 큰 시장을 형성할 수 있을 것으로 예상된다.

III. 주요국의 기술개발현황 및 정책동향

세계의 고온초전도 연구활동은 미국과 일본이 양대 산맥을 이루고, 여기에 유럽연합이 참여하는 형태로 구성되어 있다. 이 밖에 대만을 포함한 중국세, 러시아 그리고 한국이 후발주자로 나서고 있다.

1. 미국

미국은 생산기술분야에서는 물론 기반기술과 기초과학에서도 점차 일본에 뒤진다는 초조감 때문에 21세기에 가장 중요한 기술의 하나인 초전도 기술에서는 우위를 지킬 수 있도록 최선을 다하고 있다.

1987년, 레이건 대통령의 주관하에 '초전도체를 상용화하기 위한 백악관회의'를 개최한 이래로 초전도연구센터의 설립과 특허의 신속한 처리 등 여러 개의 특별법을 제정하여 지원하고 있다. 당시는 미국경제가 내리막길이었고 반도체, 자동차 등에서 일본에게 밀리는 상황이어서 더욱 적극적이었던 것 같다. 에너지성과 국방성

<표2> 미국의 고온초전도 관련 정부예산

(단위: 백만달러)

지원부서	1992년	1993년	1994년
에너지성	49.5	50.2	49.2
국방성	63.2	65.3	68.2
과학재단	22.0	22.5	24.0
상무성 국립표준기술원	4.9	5.0	4.2
항공우주국	4.9	4.6	4.6
합 계	144.2	147.4	150.2

출처: Superconductor Week

이 중심이 되어 산·학·연 협력을 특히 강조한다. IBM, AT&T와 같이 경쟁상대인 기업들이 MIT, 링컨연구소 등과 함께 컨소시엄을 결성하여 협력연구를 수행하고 있다. 고온초전도 관련 벤쳐기업도 여러 개 설립되어 정보통신용 소자와 선재응용에 앞장서고 있다. 국방성과 상무성의 차세대 중점기술(Critical Technology)목록에 고온초전도 기술이 포함되어 있다. 전반적으로 기초연구에 앞서 있다고 판단된다.

2. 일본

일본의 초전도연구는 저온초전도의 경우, 유럽이나 미국보다 30년 늦게 시작되었으나 60년대 이후, 에너지 관련 선샤인(Sun Shine)계획, 초전도 자기부상열차 개발 등 초전도연구에 많은 노력을 기울여 왔다. 고온초전도체가 발견되자 이번에는 세계 제일이 되겠다는 각오로 초기부터 전력투구하는 인상이다. 통산성이 중심이 되어 기업의 컨소시엄인 국제초전도공학센터(ISTEC)를 신설하여 지원하고 있다.

특히, 선재제작에 가장 적합한 고온초전도체인 BSCCO가 일본에서 처음 개발된 것도 크게 자극이 되었을 것이다. 많은 기업이 연구에 참여하고 있으며, 선재분야에서는 가장 선두이다. 연구비 총액에서는 대략 미국과 비슷한 규모이며, 기업의 연구비가 정부지원금보다 더 많은 특징이 있다. 일본의 경우에도 고온 초전도기술을 '21세기를 이끌어갈 신기술' 중 소재분야에서 첫 번째로 선정하였다.

3. 유럽

유럽이 고온초전도 연구는 독일이 선도하고 있으며 미국과 일본에 비하여 연구비 규모와 연구인력에서 뒤진다. 저온초전도체와 고온초전도체가 모두 유럽에서 발견되었으므로 초전도연구의 전통이 있고, 신중히 연구를 추진하고 있다. 유럽공동체에서 연구비를 일부 지원하고 있으나, 대개 국가별로 연구를 수행하므로 미국과 일본에 비해 대형과제가 없다. 대면적의 박막제작(직경 9˝)에서 가장 앞선 기술을 보여주고 있다.

4. 기타

중국은 고온초전도체의 기본적인 물질인 희토류 금속의 매장량이 세계에서 가장 많고,

<표 3> 초전도 관련 일본정부 예산

(단위: 100만엔)

부처명	1992년도	1993년도	1994년도	1995년도
통상산업성	7.035	7.680	8.010	9.709
과학기술청	4.235	3.641	4.304	4.969
문부성	1.008	1.066	1.056	?
운수성	5.436	5.537	5.361	5.153
우정성	92	115	115	118
합 계	17.854	18.029	18.846	19.969

출처: ISTEC Journal

YBCO의 발견자가 중국계(휴스턴 대학의 C. W. Chu 교수)여서 초기부터 활발한 연구를 하여 왔다. 연구수준은 아무래도 선진국 수준에 미치지 못하지만 유달리 미국에서 고온초전도체를 연구하는 과학자들 중에 중국계가 많은 것이 특기라 할 만하다. 러시아는 오랫동안 저온물리학과 초전도분야에서 미국과 쌍벽을 이루고 있었다. 경제파탄 이후 이론물리학자인 A. A. Abrikosov, 고속컴퓨터의 기본이 되는 단양자소자(SFQ)를 처음 시작한 K. K. Likharev 등, 일류 과학자들이 다수 미국으로 이주하여 침체된 상태지만, 기초연구의 저력은 여전히 무시 못할 수준이다.

IV. 우리나라의 기술개발동향 및 전략

1. 개요

고온초전도체가 발견되기 이전의 국내의 초전도연구는 매우 미미한 정도였다. 1982년에 당시 한국표준연구소에 국내 최초의 헬륨액화기가 도입되어 액체헬륨을 생산하고 있었다. 조셉슨은 전압표준기 운용에 액체헬륨이 필요하였기 때문이다. 뒤이어 서울공대 전기공학과에 헬륨액화기가 도입되었으며, 1987년까지 국내에 도입된 액화기는 두 대 뿐이었다. 국내에서 고온 초전도체가 처음으로 1987년 3월초 서울대에서 합성하였다. Tc가 55K인 YBaCuO의 합성에 성공한 것이다. 곧이어 서울대와 저온초전도 공동연구를 수행하던 표준연구소에서도 90K급의 고온초전도 합성에 성공하였다.

2. 기술개발현황

과학기술처에서는 고온초전도 연구의 중요성을 인식하고 1987년 11월부터 1997년 4월30일까지 정부지원(과학기술처) 130억원 및 기업투자 9억여원으로 3단계에 걸친 1차 "고온초전도 기술개발" 사업이 추진되었다. 이 기간동안 산·학·연 협력체제의 구축과 기반기술의 확보 등이 이루어졌으며 다음과 같은 주요 기술들이 개발되어 응용기술 및 실용화 기술 개발을 위한 기술 개발력을 확보하였다.

○ 초전도 전자소자분야

-산화물 초전도체 박막제작기술개발

-7채널 심자도 측정장치 및 측정회로 설계, 제작기술개발

-ScanningSQUIDmicroscope개발

-마이크로파용 공진기, 필터, Multiplexer의 설계, 제작기술개발

-Single Flux Quantum 소자 및 고감도 IR 광센서 제작

○ 선재개발 및 전력응용기술분야

-길이 20m. 임계전류밀도~104A/cm2급 37심 선재 개발(현재 100m급 개발 중)

-용융공정으로 직경 38mm, 높이 32mm, 최대부상력 5kgf의 bulk 제작 및 소형 플라이휠 데모

-220V급 새로운 air-gap형 한류기(Fault Current Limiter)설계, 제작

○ 고온초전도 물질합성 및 물성 연구

-임계온도 133K인 수운탈륨계 초전도체 시계 최초 개발

- Energy gap, vortex motion 등 고온초전도체의 물성 평가

○ 논문발표, 특허출원 및 인력양성

-논문: 547편(국내학술지:173편, 국외학술지:374편)

-특허:165건(국내 147건, 국외 18건)

-인력양성: 185명(석사 152명, 박사 33명)

○ 참여 연구주체

-출연기관: 표준연, 과기연, 과기원, 전자통신연, 동자연, 화학연, 기계연, 전기연, 에너지연, 원자력연

-대학:서울대, 연세대, 고려대, 포항공대, 부산대, 성균관대, 서강대, 한양대, 전북대

-기업:삼성종합기술원, LG전자기술원

○ 선진국과의 기술수준 비교

-박막 응용기술

주 요 기 술	선진국 기술 수준	우리나라 기술 수준	국내개발 능력
박막제작기술	· TC~90K, JC)106A/㎠, · 직경 8"(대면적)	· TC~90K, JC)106A/㎠, · 직경 3"	전자소자 응용에 필요한 박막제작 기술 확보
SQUID 기술	· 자기장 잡음—100 - 수십 fT/Hz½ 수준 · 32채널 심자도 측정 장치 개발(일본) · SQUID현미경, NDE 장치 개발중 · 비차폐 환경에서의 응용기술 연구 중	· 자기장 잡음— 수백 fT/Hz1/2 수준 · 7채널 심자도 측정 장치 개발 · SQUID 현미경 기술 초기 연구	연구개발을 위한 전문인력 및 장비가 확보되어 있으며 비교적 집중적인 연구가 수행되고 있어 개발능력이 큰 편임.
마이크로파 통신소자	· 미국은 PCS용 필터 뱅크 등을 개발하여 현장 성능시험 중 (1997년 실용화 목표) · 위성통신을 위한 우주실험 제2단계 사업 추진 중	· X-band용 마이크로파 수동소자 개발	통신 부품 전문 기업 등이 참여한다면 실용화에 근접한 sub-system 개발 가능
디지털 소자 및 기타 전자소자	· 디지털소자 개발을 위한 단자속 소자 (SFQ)개발 중 · NMR, MRI용 고온초전도 검출코일 개발	· SFQ소자 연구의 초기단계 · NMR, MRI용 고온초전도 검출코일 연구는 아직 국내에서 수행된 적이 없음	SFQ소자는 미국이나 일본등에서도 아직 기초연구단계로 비교적 장기적인 연구를 수행하고 있어 집중적인 연구가 이루어지면 격차를 줄일 수 있음. NMR 현미경 기술은 국내에 있기 때문에 공동연구를 한다면 고온초전도코일을 이용한 고해상도 NMR현미경 제작가능

-전력응용 기술

주요기술	선진국 기술수준	우리나라 기술수준	국내개발능력
초전도선재 제작기술	· JC)60,000A/㎠ (short sample) · JC)17,700 A/㎠ (1 km급) · JC)1,000,000 A/㎠(YBCO film 선재)	· JC)30,000 A/㎠ (short sample) · JC)10,000 A/㎠ (100m 급) · 개발결과 없음.	선재 제작의 기본기술은 확보. 장선화를 위한 투자가 필요한 시점임. YBCO 선재개발을 위한 인력 및 기본기술은 보유하고 있음.
선재 응용기기	· 3T 급 초전도 자석. @20 K.(일본) · 200 HP 급 초전도변압기 실제통루입실험 (스위스-미국) · 630KVA 급 초전도 변압기 실제통루입 실험(스위스-미국) · 15 KVA 급 초전도 한류기 시제통 루입 실험(스위스) · 50m 급 초전도 케이블 개발(일본)	· 고온초전도 pancake coil 제작(실험단계) · 1HP급 초전도 모타 개발 중 · 초전도 변압기 개발 준비 단계 · 440V 급 초전도 한류기 개발 · 케이블 개발 준비단계	초전도 응용기기 개발에 필요한 인력은 어느정도 확보되어 있으며 선재의 특성향상 및 장비확보를 위한 투자를 집중하면 선진국과의 응용기기 기술격차를 줄일 수 있음.
벌크 응용기기	· 100Wh 급 초전도 플라이휠 개발 및 1KWh 제작중(일본) · 300 Wh 초전도 플라이휠 개발(독일)	· 100Wh 급 초전도 플라이휠 제작 (실험 중)	플라이휠 개발에 필요한 YBCO 초전도 벌크의 제조기술은 선진국과 동등의 기술을 확보하고 있으며, 관련 주변 기술에 대한 개발투자에 따라 소규모 system 개발가능

3. 제2차 고온초전도 기술개발사업의 주요내용

1)추진배경

고온초전도 기술은 지난 10년간 세계적으로 엄청난 연구가 진행되어 응용을 위한 기반기술이 구축되어 왔으며 이제 응용기술 및 실용화 기술개발을 위한 본격적인 연구가 수행되는 단계에 와 있다.

우리나라의 경우 지난 1997. 4월말에 종료된 10년간의 1차사업을 통하여 연구인력, 경험 및 연구시설 등 연구개발의 인프라가 구축되어 있으며 미래 산업기반 기술로는 어느 분야에 비해서도 응용 및 실용화 기술개발 잠재력이 크다고 할 수 있어 지속적인 연구지원이 필요하다고 판단되었다.

특히 고온초전도기술을 응용한 본격적인 제품생산경쟁이 전개될 경우에 대비하여 정부주도로 관련 기반기술을 개발하는 것이 필요하여 국내기업이 경쟁력을 조기에 확보하고자 1997년부터 2006년까지 10년동안 제2차 연구개발사

<표4> 제2차 고온초전도 연구개발사업 투자계획

(단위: 억원)

구분	1단계					2단계 (2001~2003)	3단계 (2004~2006)	계
	'97	'98	'99	2000	소계			
정부	10	25	45	60	140	220	250	610
민간	1	4	10	15	30	70	100	200
계	11	29	55	75	170	290	350	810

업을 추진하는 것이다.

2)연구목표

21세기의 국가 기술경쟁력확보와 삶의 질 향상에 기여할 수 있는 고온초전도 응용기술 및 실용화 기반기술개발을 최종목표로 삼고 구체적인 실천목표 및 단계별 연구개발목표를 다음과 같이 설정하였다.

①구체적 실천목표

○ 초고감도 센싱기술 및 고성능 정보전자소자 기술개발

-심자도 계측 등 새로운 의료진단기술에 활용될 고온초전도 SQUID시스템 개발

-산업시설물 등의 안전성 검사, 식품, 철강 산업 등의 제품검사 등에 활용될 고감도

○ SQUID비파괴 평가장치 개발

-PCS 이동통신에 활용될 고온초전도 마이크로파 소자 개발

-초고속 디지털 신호처리기술에 활용될 초전도 디지털 소자 개발

○ 차세대 고효율 전력장치 기반기술 개발

-전력 케이블용 BSCCO선재 개발 및 고자장하에서 고임계 전류밀도를 갖는 YBCO테이프 제작기술 개발

-한류기, 자석, 변압기 등 고효율 고온초전도 전력부품 및 장치 개발

②단계별 연구목표

제1단계('97~2000)

○ 초전도 전자소자 응용기술 개발분야

-다채널 고온초전도 심자도 측정 장치 및 측정기술 개발

-SQUID자기 현미경 및 고온초전도

SQUID비파괴 검사장치 개발

-PCS 및 IMT-2000 등의 기지국 및 중계기용 대역통과 고온초전도 필터의 실용화를 위한 sub-system 개발

-마이크로파 및 밀리미터파 소자의 설계기술 및 특성 평가기술 연구

-초전도 단자속 양자소자의 설계 기술 확립 및 단자속 양자 논리를 이용한 RS flipflop 및 shift register 제작

○ 초전도 에너지 및 전력응용기술 개발분야

-전력 케이블용 BSCCO 선재 및 multistrand condyctor제조기술 개발(1m. DC 1000A급)

-YBCO테이프 제조기술개발(Jc〉 105 A/㎠, 길이 수 ㎝급)

-이화학 실험용 고온초전도 자석 개발(2T, 20~40K급)

-전력용 차폐형 고온초전도 한류기 개발(3.3KV 급)

제2단계(2001~2003)

○ 초전도 전자소자 응용기술 개발 분야

-병원 수준의 자기잡음 환경에서 심자도 측정이 가능한 고온초전도 SQUID시스템 개발

-SQUID현미경 및 비파괴 평가 기술의 응용기술 개발

-GMPCS용 고온초전도 필터 subsystem파 소자 개발

-다층박막 구조의 단자속 양자소자 제작 및 A/D converter제작

○ 초전도 에너지 및 전력응용기술개발 분야

-길이 10m. 2000A 급 고온초전도 multistrand케이블 개발

-수 m 급 YBCO테이프 제조기술 개발

-상용화급 한류기 시제품 개발(22.4KV 급)

-NMR용 자석개발(20~40K 운전. 5T)

-변압기용 ACconductor개발

-플라이휠 등 에너지 저장시스템 개발

제3단계(2004~2006)

○ 초전도 전자소자 및 응용기술 개발 분야

-고온초전도 SQUID심자도측정장치 실용화 기술개발 및 뇌자도 측정기술개발

-지하 및 수중환경 측정을 위한 새로운 SQUID 응용기술 개발

-초전도 단자속 양자소자를 이용한 논리회로 설계 및 제작

-신개념 정보소자 핵심기반 기술 확보

○ 초전도 에너지 및 전력응용기술개발 분야

-고온초전도 3상 송전 케이블 시스템 개발(100m. 2,000A급)

-고온초전도 변압기, 전동기, 한류기 등 전력 시스템 실용화 및 상용화 기술개발

-플라이 휠 등 에너지 저장 시스템 개발

Ⅴ. 맺음말

고온초전도기술은 공공성 및 원천기반기술 성격이 강하고 여러 분야가 참여하여 체계적이고 장기적인 연구개발을 통해서만 실용화가 가능한 미래기술이다.

TIME(1995, 7월호)이 인류의 생활을 변화시킬 10가지의 미래기술 중 하나로 설정하기도 한 고온초전도 기술은 21세기의 에너지, 교통, 의료, 정보통신 등 광범위한 분야에서 기술혁신을 유발하여 인류의 삶의 질 향상에 크게 기여할 기술로써 국가의 기술경쟁력을 좌우할 중요한 기술이라고 할 수 있다. 저온초전도 연구경험이 없는 상태에서 출발한 우리나라의 고온초전도 연구가 오늘의 수준에 도달할 수 있었던 것은 제1차 연구개발사업을 효율적으로 추진했기 때문이다.

지난 10년간의 연구로 획기적인 기술발전을 이룩하였으나 아직도 해결해야 할 문제들이 많이 남아 있으며 더높은 Tc와 Jc를 가진 신물질 개발도 계속되어야 한다. 특히 본격적인 응용연구는 제2차 사업부터 시작이라고 할 수 있다.

'97년부터 10년동안 추진되는 제2차 고온초전도 기술개발사업이 성공적으로 수행되어 21세기 우리나라의 산업경쟁력이 확보할 수 있는 계기가 되기를 기대한다.

【참고문헌】

1) 고온초전도 연구협의회, 고온초전도체 연구방향 및 정책, 1989. 3
2) 과학기술처, 고온초전도 2차 연구개발 추진계획(1997~2006), 1997. 9
3) 과학기술처, 신소재 장기 국내외 시장전망과 개발전략에 관한 조사연구, 1985. 5
4) 과학기술정책연구 평가센터, 초전도재료의 기술 동향, 1990. 2
5) 한국표준과학연구원, 고온초전도기술백서, 1995
6) 한국표준과학연구원, 측정표본, Vol. 20, No. 1, 1997. 3
7) 樹津利三郎, 초전도 재료의 연구개발동향과 전망( ), 세미나 자료, 1989. 5

주석 1) 연구기획관리단 기술기획실, 책임연구원(Tel:02-250-3143)