

초전도 기술조사 전문위원회

초전도 기술조사 전문위원회 위원장 윤문수

초전도 기술조사 전문위원회 간사 류강식

1. 서론

1911년 임계온도(Tc)가 4.2K인 Hg에서 초전도현상이 처음 관측된 이래 메카니즘의 이론적 해명과 더불어 실용화를 위한 응용기술의 개발이 활발하게 진행되어 왔으며 보다 높은 Tc를 갖는 물질의 탐색이 계속되어 왔다. 그로부터 초전도 현상이 발견된지 76년 후인 1987년에 기존의 급속계 초전도체와는 전혀 다른 산화물계 초전도체에서 액체 질소(LN₂) 온도 이상이라는 획기적인 Tc를 갖는 물질이 발견됨으로써 이제까지 액체 헬륨(LHe) 냉각만으로 가능하였던 초전도 기기가 LN₂ 냉각으로도 가능해짐에 따라 초전도연구는 새로운 전환기를 맞아 세계적으로 확산되었으며 그 응용 연구도 비약적으로 확대될 전망이다. 특히 초전도 응용분야중에서도 향후 급증하리라 예측되는 전기에너지 수요와 이에따른 설비의 입지, 환경, 공해문제 때문에 새로운 에너지 생성 및 효율적 이용 기술의 필요성이 절실하게 요구됨으로써 이와 같은 고온초전도체의 발견을 계기로 발전기, 변압기, 케이블, 차단기, 에너지 저장, MRD발전 등과 같은 전력설비의 초전도화 기술 도입이 선진기술국을 중심으로 새로운 차원에서 의 연구의욕을 북돋우고 있다.

실용 전력설비의 초전도화 의의는 ① 고자계의 장시간 발생 ② 요구자계의 합리적 형성 ③ 기기의 경량화(소형화) ④ 에너지 절약 및 효율 향상(저손실, 고성능) ⑤ 경제성 추구 등을 들 수 있으며 본 조사에서는 이와 같은 큰 의미를 갖는 초전도 기술을 기존의 전력기기에 접목시킴으로써 급후의 초전도 전력 응용 기술 개발을 촉진 시키는데 일조하기 위해 그 기술현황 및 전망을 조사하고자 한다. 이때 본 조사 사업을 통해 예상되는 기대효과로는

- 종합적인 초전도 전력응용기술 분석능력 배양
 - 국내형 초전도 전력응용 패턴 제시
 - 전력계통과의 연계기술 능력 향상
 - 초전도 기술에 대한 정보수집 및 자료정리
 - 급변하는 초전도응용기술의 국제화 추세에 적극대치
 - 초전도 기술의 관심고조와 중요성 인식
 - 전문위원회 구성으로 인한 전문가의 효율적 이용
 - 향후 초전도 연구 방향 제시
- 등을 생각할 수 있다.

2. 국내의 기술개발 현황

2.1 기술지원 현황

가) 국의 주요 국가

일본

- 상ENERGY 기술연구개발제도(일명 MOON LIGHT 계획)
 - 내용 : 연구개발에 많은 자금과 장기간이 필요하며 민간으로는 행하기 어려운 대형 상 ENERGY 기술 개발 PROJECT의 일환으로 전력설비를 초전도화 하고자 하는 기술 개발 사업
 - 주관 : 통산성 공업기술원 MOON LIGHT 계획추진실
 - 예산('90) [전 계 : 11,572 백만엔('89 : 10,739 백만엔)]
 - 초전도 분야 : 2,610 백만엔('89 : 1,962 백만엔)
- 차세대 산업기반기술 연구개발제도
 - 내용 : '90년대에 발간이 기대되는 차세대 산업에 필요불가결한 기반 기술 연구 개발 제도의 일환으로 전력 및 전자분야로의 초전도 응용을 위한 초전도 재료 및 초전도 소자를 개발 하고자 하는 제도
 - 예산('90) [전 계 : 6,353 백만엔]
 - 초전도 분야 : 1,061 백만엔
- 통산성 후원하여 100여개의 기업체가 참여하는 국제 초전도 기술센터(ISTEC)를 설립('88)
- 다기청 산하 연구소를 주축으로 대학과 산업계를 연결하는 Multi-core Project 구성

미 국

- '87년에 에너지 산하 3개 국립연구소(ANL, LANL, ORNL)를 Pilot Center로 지정
- IBM - AT & T - MIT가 Consortium을 이루어 텍사스 초전도 연구센터를 설립 연구력을 집중
- 초전도 경쟁법 ('87.8 : Durenberger 상임위원회)
 - 초전도 관련 기업에 세제, 법적 특전 제공
 - 요지 : 일본에 지지않게 미국의 산. 관. 학의 힘을 결집

(초전도 개발 관련 예산 현황)

단위 : 백만불

기 관 명	'87	'88	'89
DOD (국방성)	24	33 - 56	50
DOE (에너지성)	12.5	26.3	40
NSF (전미과학재단)	6.6	15.0	20
NSA (항공우주국)	0.8	3.7	미확인
NBS (국립표준국)	1.1	2.8	10
계	45.0	75 - 93	120

과학기술처

- 연구과제 내용
 - 고온초전도체 합성 및 기본 메카니즘 규명을 위한 연구
 - 고온초전도 박막제조 및 응용연구 - 고온초전도 자석개발 및 응용화 연구
- 연구개발 기간 : 1987 - 2001 (15 개년)
- 소요연구비 : 총 1,040억원(민간 : 230억)

표 준 연구 소
고온초전도체 기초 물질 연구
표준연구소, 서울대, 연세대, 부산대
상군관대, 서강대, 고려대

- 연구조직 및 연구내용

표 준 연구 소
고온초전도체 기술개발
기간 : '89.9 - '90.9
예산 : 1,550 백만원

과 학 기 술 연 구 소
고온초전도체 합성에 관한 연구
기계연구소, 서울대, 한양대
에너지연구소, 동력지원연구소

전 기 연 구 소
고온초전도체 응용 기술 개발
전기연구소, 전자통신연구소
산업과학기술연구원, KAIST

소 련

- 5개의 대형연구과제에 모스크바 대학을 주축으로한 전구대학, 연구소 등 30-40개 기관이 참여
- (소련의 초전도 관련 예산 현황)

단위 : 백만불

과 계 명	예 산	연 구 기 관
기초물리학적 특성연구	40 - 45	과학 ACADEMY
재료화학 및 기술연구	40 - 42	모스크바 대학
전지분야의 응용연구	25	과학 ACADEMY
고에너지분야 응용연구	25	원자력 연구소
정보 및 교육 SYSTEM 개발	소 액	모스크바 대학
계	140	* 22 백만불 상당

한전기술연구원

- 초전도분야의 연구 목표
- 초전도 전력기기 및 전력계통 연계기술 연구
- 초전도 전력기기의 기술개발 및 주변기술 연구

- 초전도 연구과제 실적

과 계 명	단 계	소요예산	실적
초전도 에너지 저장 장치 연구	1	180 백만원	'84 : 24 KJ급 초전도 전력에너지 저장 장치 설계 및 제작 '86 : 상기 장치의 전력계통 연계 특성 연구 '87 : 상기 장치의 전력계통 안정도 향상효과 실증 연구
0.5 MJ급 안정화 용 초전도 에너지 저장 장치 연구	2	620 백만원	'89 : 0.5 MJ급 초전도 에너지 저장 장치 요소기술해석 및 설계 특성 실험 '90 - '92 : 동상치의 국내제작 및 특성 실험
20 KVA 초전도 발전 연구 개발	1.2	550 백만원	'88 - '89 : 20 KVA급 초전도 발전기 해석기법 요소 설계 '90 - '92 : 동 발전기 국내제작 및 특성 실험

중 국

- 신화물 초전도체에 관해서는 세계의 TOP LEVEL 이며, 기존방식의 초전도 재료나 그 응용연구에도 착실해 그리고 정력적으로 연구를 수행
- 초전도선계, 각종초전도 Magnet 및 냉동장치까지 광범위한 분야에서 기술축적
- 관련연구소 : 중국과학원 소속 전공연구소, 저온연구소, 물리연구소
북경비철금속연구소, 상해발전설비 설계연구소 등

과 계 명	개 발 항 목
초전도 MAGNET	액용합 분야, 전력, 산업용용분야, 고ENERGY 물리분야 고자계 MAGNET 분야, 과학계측분야
초전도 선계	RITZ 재료, Nb ₃ Sn 재료
냉동 관계	가압초유동 열물
고온초전도체	신고온 초전도체 (Bi 계)

나) 국내

2.2 기술개발 현황

가) 국내 기관별 개발현황

· 한전연구원(기초공동(연))

과제명	내용	결과
저장장치 초전도 에너지 저장장치에 관한 연구 ('84 ~ '88)	-25kJ SMES 설계 제작 및 특성실험 -전력계통 연계 특성 -전력계통 안정도 향상 실험	·SMES의 전력계통 연계 특성 확립
0.5MJ 안정화용 SMES 개발 ('88 ~ '92)	-안정화용 SMES 최적 설계기법개발 -동 장치 국내제작 및 고수 전달 특성 실험	·요소기술 국내개발
발전기 20kVA 초전도 발전기 개발 ('88 ~ '93)	-초전도 발전기 요소기술 해석 및 설계 -국내제작 및 특성실험	·요소기술 국내개발

나. 전기연구소

과제명	내용	효과
극저온 저장 케이블 15kV, 800kVA 극저온 케이블 제작 통전시험		초전도 케이블 연구 기반 조성
극저온 전기절연 극저온 액체 절연액과 극저온 시스템 주변기술 확립		극저온 시스템 주변기술 확립
초전도 케이블 전기 절연 재료 개발 4.2k, 30kV/mm급 극저온 절연 재료 개발		초전도 케이블의 Compact 화 및 저손실화, 신뢰성

나) 기기별 개발현황

초전도 발전기								
	AVCO	Dynateck	MIT	WH	MIT	GE	WH-DPR1	서울대
정격용량	8kVA	50kVA	30kVA	50kVA	10kVA	20kVA	300kVA	20kVA
방식	계자 초전도	계자, 전기자 초전도	계자 초전도	계자 초전도	계자 초전도	계자 초전도	계자 초전도	계자 초전도
회전수(rpm)	12,000	24,000	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	—
전압(V)	250	1,000	1,640	4,160	13,800	3,600	24,000	—
초전도 재료	Nb-Zr	Nb ₃ Sn	Nb-Ti	Nb-Ti	Nb-Ti	Nb-Ti	Nb-Ti	Nb-Ti
시험 연도	1965	1967	1972 ~74	1972 ~73	1983	1982	1985	1989

초전도 에너지 저장 장치				
국명	기관	연구단계	사양	목표
미국	워싱턴대학	개발설계 및 기초연구	대용량 SMES(10M)	100~1000GJ
	BPA 전력	실증 시험 완료	전력계통 안정화용 SMES(30MJ)	5~100kJ
일본	전자기총합연구소	에너지 이용연구 수행중	기大千원 SMES (3MJ 및 4kJ)	1~50kJ
	Osaka 대학	기초 실험 연구 단계	0.5MJ pulse Magnet	
한국	한전기술연구원 서울대학교	실험설계 제작 및 시험	0.5MJ 계통안정화용 코일	
	한국전기연구소	실험실적 연구	전력저장용 소형 초전도 자석	3tesla 1kJ급

초전도 케이블				
국명	기관명	연구단계	사양	비고
미국	BNL	실증시험	*AC 138kV, 4kA *1000MW *Nb ₃ Sn(Al)	*3상 100m test 장치건설 *3850A 동전 교류 측정 완료 *현재 계속 연구중
	UC	통전시험	*AC, 345kV, 17.75kA *10590MW	*7m 실험장치로 교류 측정 *1975년 완결
일본	교하 전력	통전시험	*AC 154kV, 3kA *1000MW	*7m 케이블 동전 test *현재 계속 연구중
	전자기술 종합 연구소	통전시험	*AC, 154kV, 6.5kA	*10m 케이블 통전시험 *현재 계속 연구중
서독	siemens	통전시험	*AC 110kV, 10kA *2000MW	*3m 모델 제작 *단상 통전 시험 *1978년 완결
	프랑스	CGE	요소기술개발	*AC 125kV, 14kA *3000MW
영국	BiCC	통전시험	*AC 25kV, 13kA *750MW	*3m 단상 케이블200A 동전 *1969년 완결
한국	한국전기연구소 (계획중)	자료조사 (계획중)	*AC 154kV, 6000A급 목표	*154kV, 3000A 극저온 저항 케이블 제작중

초전도 변압기

- 선진기술국(프랑스, 일본, 독일 등) - 초전도 선재의 AC 손실로 인해 현재 초기연구단계이나 연구가 활발히 진행되고 있음
- 한국전기연구소, 기초전력공동연구소 - 자료조사

초전도 선재

- 일본, 미국, 소련, 영국 등 - Nb, Nb-Ti, Nb₃Sn 선재의 실용화, 시제품 판매중
- 현재 세계적으로 저손실 교류초전도 선재 개발이 핵심개발 내용임
- 한국(균형선연구소) - Nb-Ti 선재를 개발한 바 있으나 그 성능은 타국 제품에 비해 1/3 정도 성능이 저하 됨

기 타

일본의 공업기술원에서는 1988년 일본내의 산, 학, 연 공동연구망을 조직하여 "moonlight 계획"을 창립하였으며 이 계획중 "초전도 전력 응용 기술"이란 사업으로 현재 연구 진행중에 있다.

3. 향후 초전도 전력응용기술 전망

급증하는 전기에너지 수요에 적극적으로 대처하고 전기 에너지를 효율적으로 이용하기 위하여 2000년대까지는 저손실, 소형화, 경량화, 경제성등에 입각한 초전도 기술이 각종 전력설비에 도입되고 연계되어 그림에서와 같은 전

초전도 전력계통화가 이룩될 전망으로 초전도 전력응용기술 전문가들은 예측하고 있으며 기 개념은 다음과 같다.

- 도심지로부터 수백 km 떨어진 원자력 발전소가 전력원의 주체가 되며, 발전소에는 1GW급의 초전도 발전기가 여러대 설치되어 수 GW의 전력을 발생
- 발전기는 직접 345kV 이상의 초고압을 발생시킬 수 있으므로 송압을 위한 1차 변전소는 필요 없음. 그대신 단락 전류를 제어하기 위한 초전도 리액터 설치
- 발전소로부터 도심외곽 변전소까지의 송전은 현재의 초고압가공 송전선이 이용되거나 초전도가공 송전선이 이용되거나 초전도 가공 송전선이 이용될지 모름
- 이렇게 도시근교로 송전되어온 전력은 초전도 변압기를 이용하여 345kV에서 22kV로 저감되고 또한 원격지의 원자력 발전소와 더불어 MHD발전이 주체가 될 것으로 여겨지는 도시근교 발전소에서는 1GW급의 발전을 하여 직접 22kV를 발생
- 원격지 및 도심근교로부터 송전되어온 전력은 대전류형 22kV급 초전도 케이블에 의해 수요지로 직접공급(저전압, 대전류 실현). 아울러 수요지 주변에는 필요한수 만큼 분산형 초전도 에너지 저장장치가 설치되어 발전설비 용량의 최적화를 도모
- 이상의 초전도 전력설비들은 저온초전도체 혹은 고온 초전도체중 어느쪽을 기본으로 할지 모르나 저온과 고온 초전도체가 공존할 것임

4. 위원회 활동현황

이상에서와 같은 국내의 실태를 고려하여 볼때 전기분야에서의 초전도 기술도입은 장차적으로 대단히 중요한 의미를 갖고 있기 때문에 전기학회가 중심이 되어 이 분야를 연구하는 전문가들이 힘을 합쳐 초전도 발전에 큰 기여를 하기위해 1991년 4월 대한전기학회내에 초전도 응용 기술 조사 전문위원회가 설립되었다고 볼 수 있다.

참고로 일본 전기학회내에 초전도와 관계되어 구성된 조사위원회를 보면 "대형 초전도마그네트 조사 전문위원회" "초전도 응용기기 조사 전문위원회", "극저온 절연기술 조사 위원회" 등을 들 수 있는데 이들 위원회에서는 각각 조사위원회 기능에 맞는 주제를 조사하여

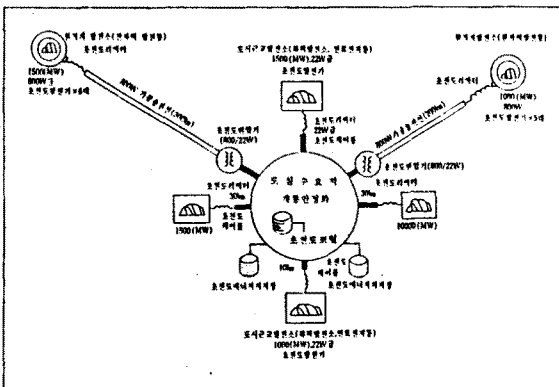
- 1980년, 최근의 초전도재료와 그 냉각기술
- 1984년, 초전도 에너지 저장장치의 개발 동향
- 1985년, 초전도 전력기기의 개발 동향
- 1987년, 초전도 산업기술개발 간담회 중간보고
- 1988년, 극저온 절연 기술

등과 같은 기술보고를 발간함으로써 초전도 기술개발의 발전에 직간접으로 기여하거나 연구방향 등을 제시하고 있다.

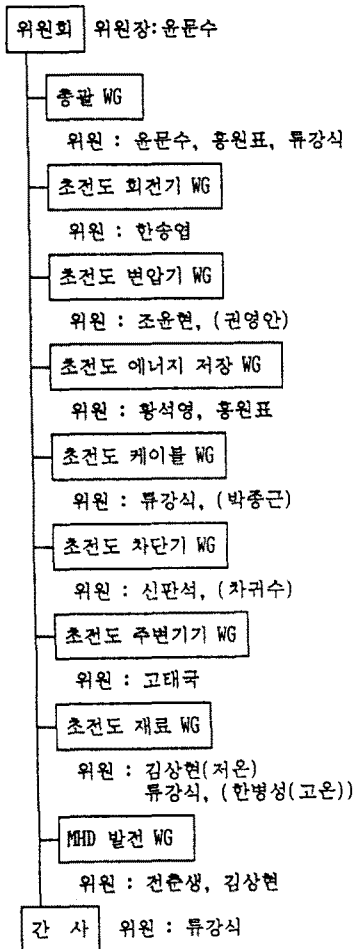
금번 초전도 응용조사 전문위원회에서는 지난 9월 28일 1차위원회의를 거쳐 본 조사대상의 제목과 분야를 선정하고 조사분야별 위원구성 및 향후 추진일정, 원고작성분야 및 요령을 협의하였는데 그 결과는 다음에서와 같다.

안건 1. 조사분야

- 1) 초전도 재료
- 2) 초전도 발전기(및 전동기)
- 3) 초전도 변압기
- 4) 초전도 차단기(및 한류기)
- 5) 초전도 에너지 저장
- 6) 초전도 케이블
- 7) 초전도 주변기기
- 8) 초전도 MHD 발전



안건 2. 전문위원회 구성



안건 3. 원고작성분야 및 요령

1) 작성분야

제목: 초전도 전력 응용 기술의 현황 및 전망

- (1) 총론(A4용지 5page)
- (2) 초전도체 기술현황 및 전망(10page)
- (3) 초전도 회전기의 기술현황 및 전망(15page)
- (4) 초전도 변압기의 기술현황 및 전망(15page)
- (5) 초전도 케이블의 기술현황 및 전망(15page)
- (6) 초전도 에너지 저장의 기술현황 및 전망(15page)
- (7) 초전도 차단기의 기술현황 및 전망(15page)
- (8) 초전도 MHD 발전의 기술현황 및 전망(15page)
- (9) 초전도 주변기기의 기술현황 및 전망(15page)
- (10) 초전도 전력계통 패턴현황 및 전망(10page)
- (11) 결론(5page)

2) 분야별 작성 요령

- (1) 서론

(2) 기술현황 및 분석

- 국내의 기술개발 현황
- 기술현황
- 분석

(3) 기술의 전망

(4) 향후 기술개발과제 및 방향

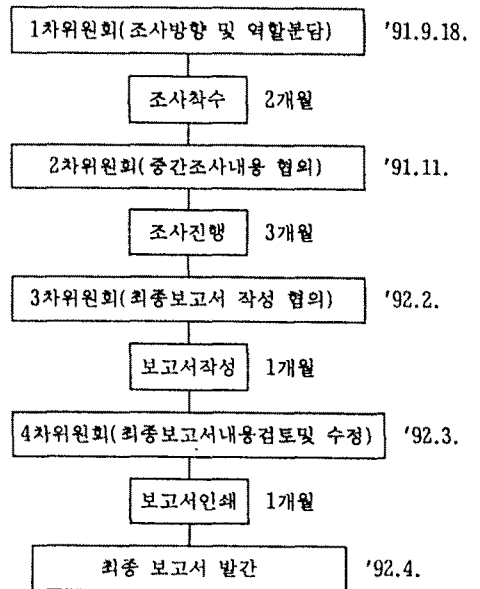
(5) 결론

3) 작성방법

(1) 전기학회 논문투고 규정 참조

(2) 원고제출시 word process print본과 디스켓 함께 제출

안건 4. 향후 추진 일정



5. 결 론

초전도연구는 80년이라는 오랜 연구역사를 가지고 있으면서도 국내에서의 연구인력이나 기반은 타 연구 분야보다도 뒤떨어져 있어 본조사사업은 다소 늦은감은 없지않아 있다. 그러나 대한 전기학회내에서도 조사사업의 일환으로 초전도 응용 조사 전문위원회가 구성되게 된 것은 이 분야에 있어서의 전기학회 발전과 더불어 2000년대를 맞이하여 선진 기술국으로의 진입이라는 국가적인 사명감으로 볼때 매우 고무적이라 생각하며, 본조사사업을 시작으로 초전도분야의 연구분위기가 보다 활성화 되기를 희망한다.

끝으로 본 위원회의 위원으로 활동하시게될 여러 전문가 선생님들의 적극적인 참여속에 보다 알찬 내용이 담긴 보고서가 나올 수 있도록 기대하면서 그간의 보여주신 정성과 노력에 본 지면을 통해 다시한번 감사드립니다.