

IEA 고온초전도 프로그램

현 옥 배
전력연구원 전력계통연구실

초전도 전력기술과 같은 미래기술 연구에 있어서 선진 제국간의 기술 협력 및 정보교환은 기술발달을 촉진하는데 중요한 요소가 된다. 전력기술같이 기술주기가 길고 신뢰성이 지극히 요구되는 분야는 더욱 국제간 협조가 필요하다. 한편, 한국과 같은 후발 주자에게는 응용분야에서 앞선 그룹의 상황을 파악함은 또 다른 의미에서 중요하다. 국가간 지적 및 경제적 경계선이 점점 없어져 가는 작금에 와서는 더욱 그렇다. 이러한 노력의 일환으로 IEA 고온초전도 프로그램이 조직되었고, 한국도 가입하여 활동하고 있는 바, 이를 간략히 소개한다.

1. IEA의 HTSC 관련 실천 협약 및 집행 위원회

1986년 고온 초전도체 LaSrCuO_4 의 발견에 이어 1987년 다른 세라믹 초전도체, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, 등이 발견되었다. 흔히 고온 초전도체 (High Temperature Superconductor)라 부르는 이들 초전도체는 그 임계온도가 93 K 로부터 115 K에 이르는 등, 값싼 냉매인 액체질소의 비등점 77 K보다 훨씬 높다. 따라서, 이들 초전도체의 전력 응용 가능성이 더욱 높아졌고, 각국은 기초 및 전력 응용을 포함하여 응용연구를 활발히 진행시켰다.

국제 에너지 기구 IEA (International Energy Agency)는 고온 초전도 응용에 대한 세계 각국의 관심을 반영하여 1988년과 1989년에 걸쳐 전문가 회의를 개최하였다. 이 회의에 참석한 전문가들은 고온 초전도체에 대한 정보를 공유함으로써 미래 실용화를 위해 시의 적절하고도 (timely) 경제적인 (cost effective) 조치를 취할 수 있다는데 의견의 일치를 보았다. 이에 부응하여, "전력 응용에 있어 고온 초전도의 영향을 평가하기 위한 협력 프로그램에 관한 실천 협약

(Implementing Agreement for a Cooperative Programme for Assessing the Impacts of HTSC on the Electric Power Sector)"이 IEA의 후원하에 공식적으로 발족되었다. 현재 이 협약에는 캐나다, 덴마크, 핀란드, 독일, 이스라엘, 이탈리아, 일본, 네델란드, 노르웨이, 스웨덴, 스위스, 터키, 영국, 미국, 이스라엘, 한국 등 15개국이 회원으로 가입하고 있다. 이 협약의 주관 기관으로 미국의 에너지성(DOE)이 맡았고, DOE를 대신해서 ANL (Argonne National Laboratory)이 Operating Agent (간사) 역할을 맡고 있다.

IEA에는 이런 실천 협약 (Implementing Agreement)이 41개 있고, 고온초전도 프로그램은 그 중의 하나이다. 이 협약은 공식적인 것으로 정부 레벨에서 참여하며, 변경도 쉽지 않다. 고온초전도에 관한 실천 협약의 목적은 전력 응용에 있어 고온초전도의 영향에 관한 제반 문제를 주목함에 있다.

각 협약에는 그를 수행하기 위해 참가국 대표로 이루어진 집행 위원회 (Executive Committee)가 있고, 집행 위원회는 세부규정 (Annex)을 두어 활동을 수행한다. 고온초전도의 경우는 고온초전도 영향평가, 자료 수집 및 정보교류를 위한 Annex I의 1개뿐이다. 이 세부 규정은 회원들이 만든 것이므로 변경도 회원국의 동의로 가능하다. 국제 공동연구 (예로서, 고온초전도 케이블)를 하고 싶으면 또 다른 Annex를 만들어 수행하며 각 회원국은 참여 여부를 결정한다. 본 실천 협약의 집행 위원회의 경우, 현재 집행 위원회 의장은 독일 FZK의 P. Komarek이고, 간사 (Operating agent for the committee)는 미국 ANL의 Alan M. Wolsky이다. 집행위원회는 Annex에 따라 활동하며, 예산 집행, 협력의 시기, 내용 등을 의결한다. 그리고 각국의 연구 기관, 연구자, 연구 내용을 수집 배포한다. 회계연도

특별기고

표 1. IEA 고온초전도 프로그램 참가국

참 여 국	대 표	비 고
카 나 다	Frank. Y. Chu	Ontario Hydro Technologies
덴 마 크	M. Dam Anderson	
핀 란 드	J. T. Eriksson	
독 일	Peter Komarek, Chairman	FZK
이 스 라 엘	J. Milstein	Ministry of National Infrastructure
이 탈 리 아	Gabriele Botha	ENEL SpA
일 본	S. Yoshikawa	NEDO
네 델 란 드	H. E. Dijk	
노 르 웨 이	John. Kulsetas	EFI
스 웨 덴	K. Oberger	
스 위 스	G. Vecsey	CRPP
터 키	H. Ugur	
영 국	D. Rose	Dept. of Trade & Industry
미 국	James Daley, USDOE	USDOE
한 국	현 옥 배	KEPRI
IEA Paris 본부	M. Woodruff	IEA 고온초전도 프로그램 담당
Operating agent : A. Wolsky, G. E. Marsh (ANL)		

는 DOE가 있는 미국을 따라 10월 1일에서 다음해 9월 30일까지이다. 본 집행위원회는 지금까지 SMES에 관해 2회, 고온초전도 한류기(SFCL)에 관해 1회, 고온초전도 케이블에 관해 1회, 그리고 초전도 기기의 신뢰성을 주제로 열린 workshop을 포함해서 5회의 workshop을 개최했다

현재 활동은

- ◎ 각 회원국으로부터 고온초전도의 전력응용 부문에 있어 R&D 정보 (주로 papers and reports)를 수집하고, 종합해서 회원국에 배포하고,
- ◎ 각 멤버국은 자국의 연구 기관, 연구자, 연구 주제에 관해 report할 의무가 있음에 따라 각국의 연구 그룹에 관한 database를 구축하며,
- ◎ 문헌을 조사하고, 종합보고서를 작성하며, workshop을 개최한다.

본 IEA 고온초전도 프로그램 협약의 Annex I에는 현재 15 회원국이 있다. 새로운 회원의 가입은 집행위원회의 반대 없는 동의에 의해 가능하다. 새 회원은 누적된 자

료를 싼값에 구할 수 있다. 중간가입시는 형평성을 고려하여 가입시 2년분의 연회비를 추가 부담함으로써, 가입 첫해는 3년치의 연회비를 내야한다. 연회비 산정은 UN 분담금 비율에 따르며 1999년 한국의 연회비 부담은 7,800 US\$이었다. 집행위원회는 년 2회 열리는데, 1999년 가을회의는 미국 Santa Fe에서 있었고, 이어서 초전도 전력기기의 신뢰성을 주제로 한 workshop이 있었다. 2000년 봄 회의는 이스라엘이, 그리고 2000년 가을 회의는 한국이 유치하였다. 개최국은 Lab. tour를 통해 자국의 초전도 연구를 demonstrate 하는 것이 관례인데, 1999년 봄회의에서는 Siemens(Erlangen)의 고온초전도 연구실을, 가을회의에서는 LANL(LosAlamos National Laboratory)의 초전도 연구실을 방문하였다. 한편, 2000년 봄회의의 주관인 이스라엘은 SMES, FES(Flywheel Energy Storage) 및 태양광발전에 대한 시험설비(test site)를 완성함에 따라 이를 보이겠다고 제안하고 있다. 집행 위원회 인적 구성은 주로 technical physicists, electrical engineers, company managers이며, 주 관심사는 고

온초전도 전력 기기가 언제, 어디서, 어떻게 전력계통에 연결되는지 예측하는 것이다.

상기 고온초전도 프로그램 실천협약은 제 1단계 3년 (내중에 2년 연장해서 총 5년)이 끝났고, 현재는 Conductors and Material을 주제로 해서 제 2단계 (1995. 10. 1 ~ 2000. 9. 30의 5년) 진행중이며 연장을 논의하고 있다. 2000년 5월에 있을 회의에서 3단계로의 연장이 결정될 듯하며, 이에 따라 다수의 멤버국 변동이 있을 것으로 보인다. 동시에, IEA 본부로부터의 권고도 있고 해서 기기개발 공동연구를 추진하고 있다. 현재 고온초전도 케이블 개발을 주제로 하는 세부과제, Annex II가 논의되고 있다. 1999년 현황을 보면, 미국이 Southwire Co.의 케이블 개발을 주축으로 한 세부과제를 제시하였다. 여기에 스위스가 케이블 시험설비(test facility) 제공으로 참여의사를 밝힌 바 있어 초전도 케이블 개발을 주제로 한 Annex II의 가능성은 높다. 한편, 이스라엘은 SMES, FES, 태양광발전 시험설비의 공동이용을 제시하고 있다. 독일, 노웨이, 캐나다는 energy storage를 선호하고 있으나 Annex를 제안하지 않았다. IEA 테두리 안에서 국제 공동연구의 경우 원칙적으로 참여국간의 연구비 흐름이 없고, 참여자는 자국의 연구개발에 소요되는 비용을 스스로 부담한다. 이 사안은 2000년 5월 회의에서 결정될 듯하며, 조직된다면 Annex II가 2000년 10월부터 활동을 시작할 것이다.

2. 한국의 참여 과정

국제에너지기구(International Energy Agency, IEA) 산하에는 여러 국제 협력을 통한 연구개발 협력 체계가 구축되어 있거니와, 이를 통한 협력관계는 우리에게 개별적 접근보다 더 효율적일 수 있다. IEA에는 이런 국제협력 연구개발 프로그램이 41개 있으며, 고온초전도 프로그램은 한국이 가입한 11개 프로그램 중 하나이다.

1997년 OECD 가입이 예측됨에 따라 1996년부터 IEA 고온초전도 프로그램에의 가입문제가 제기되었다. 국내 고온초전도 기술개발 연구를 조직화하고, 일관성 있는 연구를 할 필요성이 제기되는 데다, 국내 초전도 전력계통 시스템 구축을 위하여 주 수혜

자의 하나인 한국전력이 주도해야 할 필요성이 한국전력공사 안팎에서 대두되었다. 참여 효과를 보면, 선진국 연구 기관과 연구 개발 협력 사업을 수행, 그 결과를 공유함으로써 관련 기술 자료 축적과 기술 수준 향상 도모하고, 선진국 고온 초전도 연구 동향을 파악함으로써 효과적 연구 정책 수립에 기여하며, 프로그램별 집행 이사회, 전문가 회의 등에 참석하여 국가 위상 제고 및 외국 전문가와의 유대 강화를 도모할 수 있다는 점 등이다. 특히 현재는 없으나, 국제협력기구를 통합으로써 국제 공동연구를 성사 및 수행하는데 유리한 점이 있다.

참여를 위한 추진 과정을 간략하면, 1996년 6월 통산산업부에서 IEA 프로그램의 고온초전도 전력기술분야에의 참여 의사가 있는지 한국전력에 타진하였다. 이어서 IEA 측으로부터 프로그램 세부 내용(연구내용, 활동 상황, 소요비용 등)입수하고 참여 가능성을 타진한 결과 1996년 7월 IEA 고온 초전도 프로그램 간사(Dr. Wolsky, ANL)로부터 우선 준회원 (associate participation)으로 가입을 권고 받았다. 이는 한국이 OECD 가입 이전이었기 때문으로, 1997년 OECD 가입에 따라 한국전력공사가 9월 23일 정회원으로 가입하였다. 그리고 집행위원회 참석을 위하여 현옥배(한전 전력연구원)와 홍계원(원자력연구소)을 각각 정대표(Executive Committee member) 및 부대표(Alternative member)로 정하였다. 이 과정에서 국내 유관기관 끼리의 공동가입을 위한 국내 컨소시엄이 조직되었고, 연회비 및 활동을 분담하고 있다. 현재 컨소시엄 참여 기관(대표자)은 전력연구원(현옥배), 원자력연구소(홍계원), 기계연구원(유재무), 전기연구소(정대영), 과학기술원(노광수), 연세대학교(고태국), 성균관대학교(주진호), 기초전력공학공동연구소(차귀수) 등이다.

3. 주요 활동 및 전문가 그룹

IEA 고온초전도 프로그램의 목표가 정보 교환이듯이 관련된 활동 역시 동 프로그램을 통하여 국외의 고온초전도 전력기술분야의 정보를 입수하는 것이다. 그러나 국외연구활동에 관한 정보는 다른 채널도 있을 것이다. 예로서, ASC, EUCAS, ICMC 등 각종 학

특별기고

술대회 참석 및 개별적으로 외국의 기관을 방문함으로써 이루어질 수도 있다.

징이라 하겠다. 이러한 면은 국내 응용 경험이 없는 상황에서 더욱 유용하다. 이러한 배

표 2. 1997년 이후 한국의 집행위원회 참석

집행위원회	개최국	Lab. tour	참석자	비고
1997년 봄	이탈리아	ENEL SpA	현옥배(전력연구원)	Observer로 참석
1997년 가을	스위스	PSI, Sultan 초전도시험시설 ABB (고온초전도 변압기)	현옥배(전력연구원)	
1998년 봄	노르웨이			불참
1998년 가을	일본	Super-GM, SFES	이호진(원자력연구소)	
1999년 봄	독일	Siemens(Erlangen)	현옥배(전력연구원)	
1999년 가을	미국	LANL 초전도 시설	현옥배(전력연구원)	2000년 가을회의 한국 유치
2000년 봄	이스라엘			
2000년 가을	한국			

이 프로그램의 이점은 이러한 자료에의 접근을 국제협약이라는 이름으로 공식화하여 작업을 용이하게 함에 있다. 이에 더하여 기존 학술대회 등에서 다루지 않은 연구자(researcher or developer)와 경영자(management)와의 만남을 통하여 학술적 접근을 넘어서 현장의 시각이 담긴 논의를 이루고자 함이다. 예로서, 1997년 집행위원회와 겸하여 개최되었던 "International Workshop on High Tc superconducting Power Transmission Cables, 1997. 4. 15 - 16, Milan, Italy"을 보면 참가자가 초전도 전력케이블 개발자와 전력회사의 케이블 개발 담당자 및 운용담당자이었다. 따라서 공급자(개발자)와 수요자(전력회사)간의 심도 있는 논의가 행해졌다. 한편, 1999년 미국 SantaFe에서 있었던 "Workshop on Potential Future Impact of Superconductivity on System and Customer Reliability, 1999. 10. 5 - 6"에서 논의된 주 내용은 초전도 전력기기의 신뢰성으로, 기기의 응용을 앞두고 개발자 입장은 물론 사용자 입장에서 초전도 전력기기를 평가하고 또 필요한 성능을 주문하고 있다. 이러한 논의는 응용을 앞두고 있는 기술분야에서 일반 학술대회를 통해서 접근하기 쉽지 않은 일로서 이 프로그램의 특

경으로 집행위원회 등에 참석하여 국외 동향을 파악하고, 이를 연구개발에 참고로 사용하고 있다.

이에 더하여 동 프로그램 활동과 관련 정부의 주무부서인 산업자원부 산하 에너지관리공단 R&D 본부의 위촉으로 1999년 봄부터 상기 컨소시엄을 전문가 그룹으로 하여 운영하고 있다. 지금까지 입수된 자료는 국내 컨소시엄 내부에서 활용되어 왔으나, 정부의 의지는 이를 개방하여 국내 누구든 활용하도록 하고자 하는 것이다. 상기 컨소시엄 활동이 국외 연구동향에 관한 자료 입수에 있는 관계로 전문가 그룹의 역할은 정보 입수를 활성화 하고, 입수된 자료를 가공하며 배포하는 것이다. 이 중 자료 수집과 관련해서는 역할에 한계가 있다. 국내에서 서신 혹은 인터넷을 통한 자료 입수는 따로 그룹을 필요로 하지 않는다. 따라서 주로 해외 출장 등을 통해서 직접 자료에 접근해야 할 필요가 있는데, 특히 IMF 시기를 거치면서 해외여행에 어려움을 겪고 있는 실정으로서 제약이 크다. 이런 연유로 전문가 그룹의 역할은 주로 입수된 정보의 가공에 모아지는데, 입수된 자료가 발표자료 등 종합적이지 못한 관계로 이를 종합하여 현재의 국외 동향을 기술한 보고서를 준비중에 있다.

표 2는 동 프로그램과 관련한 지금까지의

집행위원회 참가를 요약한 것이다. 그리고, 붙임 1은 IEA 고온초전도 프로그램과 관련하여 현재 가지고 있는 자료이다. 컨소시엄을 포함하여 주요 유관기관에게는 이미 알려져 있거니와, 필요한 대로 추가로 배포될 것이다.

참고문헌

1. International Workshop on High Tc superconducting Power Transmission Cables (Apr. 1997, Milan, Italy) 발표자료
2. Advances Toward Power Sector Applications (1997)
3. Proceedings of the International workshop on Fault Current Limiters (Apr. 1995).
4. Directory of Superconducting Device Projects Bearing Upon the Electric Power Sector (I) (Oct. 1977).
5. Directory of Superconducting Device Projects Bearing Upon the Electric Power Sector (II) (Oct. 1977).
6. Use of Patent Search to Assess the Market Status of Superconducting Cables (Oct. 1977)
7. ABB HTS Transformer (Oct. 1997).
8. (집행위원회 발표자료, Mar. 1998)
 - Progress Toward High-Temperature Superconducting magnetic Energy Storage Systems (SMES) - A Second Look
 - Introduction to Flywheels using HTS Bearings
 - Superconductors in the Danish Energy Sector
 - Status on the Events on the Ice Storm (15 - 19th Jan. in Quebec and Eastern Ontario)
9. 초전도 산업 시장 전망 (CONNECTUS, 1998)
11. ExCo Meeting 발표자료(Nov.10-12, 1998)
 - Proceedings of International Symposium on Electric Power Application of Superconducting

Technologies

- Development strategy and present R&D status of superconducting technologies in electric power sector in Europe, Japan, USA and Russia
 - Recent R&D Status on 70MW Class Superconducting Generators in Super-GM project
12. Workshop on Potential Future Impact of superconductivity on System and Customer Reliability (1999. 10. 5 - 6, Santa Fe, USA) 발표자료.

저자이력



현옥배

1953년 02월 11일 생, 1976년 연세대 물리학과 졸업, 1987년 Iowa State Univ. 대학원 물리학과 졸업(이학박사), 현재 한전 전력연구원 전력계통연구실 근무