

# 동북아 전력계통 연계를 위한 기반구축 연구

한국전기연구원 선임연구부장 박 동 옥

## I. 과제개요

- 과 제 명 : “동북아 전력계통 연계를 위한 기반구축 사업(1)”
- 주 관 기 관 : 한국전기연구원
- 연 구 기 간 : 2002. 12. 01 ~ 2005. 11. 30
- 과 제 책 임 자 : 박동옥 선임연구부장

## II. 과제 추진 배경

국가간 전력계통 연계는 “경제적 이익 극대화 및 공급신뢰도 향상을 위하여 서로 다른 국가간에 전력계통을 연결함으로써 시점별로 잉여전력을 상호 유통하는 것을 통칭” 하는 것이다. 이러한 국가간 계통연계는 지역간 경제블록화에 따른 에너지 협력방안의 하나로서 전력산업 구조개편 이전부터 전 세계 지역별로 활발히 적용되고 있으며 1990년대 이후 급속한 증가추세를 나타내고 있다. 국가간 계통연계에 의한 일반적인 효과를 정리하여 기술하면 다음과 같다.

- 경제적 전원확보(전력수입국) 혹은 상업성 있는 수요확보(전력수출국)
- 지역내 경제적인 전원의 공동 활용으로 전체 연계계통 운전비용 절감
- 상호간 전원설비 공유를 통한 설비/공급 예비력 추가확보
- 해외전원 개발을 통한 경제성 추구 및 환경문제 완화
- 에너지안보 및 상호 보완적 협력에 의한 이해증진과 긴장완화

동북아 지역은 자원보유, 부하곡선, 전원구성 등의 측면에서 상호 보완성이 높으며 세계 여타 지역보다 계통연계로 인한 경제적 유용성이 클 것으로 예상되고 있다. 하지만, 그 동안 사회/경제체제 차이 및 정치적 긴장관계로 인하여 전력협력이 지연되어왔다. 즉, 동북아 계통연계는 그 자체의 높은 경제성 효율성에도 불구하고 많은 정치적, 기술적 장애요인이 상존해 있는 정부차원의 장기적인 정책수립이 요망되는 국제협력 사안이다.

이러한 기본배경 하에서 장기적으로 남북한 전력협력 및 동북아지역 내에서의 전력협력을 통해 역내의 지속 가능한 전력협력 체계구축을 선도하기 위하여 “동북아 국가간 계통연계 기술개발 예비타당성 연구(한국전기연구원 2001. 12. 01~2002. 05. 31, 6개월)” 및 “동북아 전력계통 연계 타당성 연구 기획조사(2001.

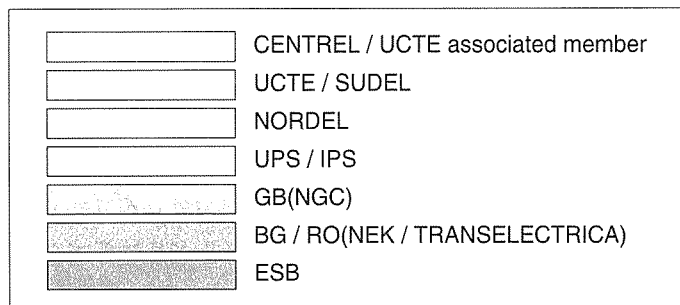
10. 01 ~ 2002. 11. 15, 13개월)"을 시행하였다. 그 결과 동북아 계통연계의 필요성과 추진방안 등이 도출되었으며, 국익 확보차원에서 동북아 계통연계 기반구축 연구를 수행해야 한다고 제안하였다. 기획조사 연구사업에서 제안한 기반구축 연구사업은 향후 장기적 관점에서 전개될 것으로 예상되는 남북한 및 동북아 계통연계에 대비하기 위하여 관련국과의 전력분야 협력증진을 위한 토대구축 및 본격적인 계통연계에 대비한 기술성, 경제성 및 시장성에 관한 국익차원의 검토 요망사항을 분석하는 과제이다.

### III. 지역별 국가간계통연계 현황

#### 유럽지역

유럽 전력계통은 서유럽계통(UCTE), 북유럽계통(NORDEL), 동유럽계통(IPS/UPS), 영국(GB), 아일랜드(ESB), 불가리아, 루마니아와 같은 개별적인 계통운영 조직체로서 구성되어 있다. 1990년대 초반까지 서유럽계통(UCTE), 북유럽계통(NORDEL) 및 영국만이 상호 연계운전을 하였으며, 동유럽 계통(IPS/UPS)과 아일랜드(ESB)는 분리되어 있었다. 그러나, 동구 공산권의 붕괴이후 (구)소련의 IPS/UPS에 연계운전 하던 체코, 슬로바키아, 폴란드, 헝가리 4 개국은 UCTE와의 연계를 위하여 1992년 CENTREL을 결성하였고, 동서독의 계통연계 직후인 1994년 10월 UCTE에 잠정연계가 되었다.

그림 2.2는 유럽 연계계통의 지도를 나타낸 것인데, 서유럽계통(UCTE), 북유럽계통(NORDEL), 중부유럽(CENTREL) 및 영국(GB)이 연계계통으로 연결되어 있다. 이와 같은 유럽 연계계통에서 북유럽계통(NORDEL)만은 타 지역과 비동기연계(DC Tie)를 하고 있으며, 나머지 다른 지역은 상호간에 동기연계방식(AC Tie)으로 연결되어 있다. 그림 2.2에서 CENTREL/UCTE associated member는 CENTREL 회원국이 UCTE 준회원인 것을 나타낸 것이며, UCTE/SUDEL은 UCTE 회원국 중에서 남부유럽 전력회사 연합체를 결성하고 있는 경우를 표현한 것이다. 그리고, 영국 GB(NGC)와 아일랜드(ESB) 및 불가리아/루마니아(BG/RO)는 어느 계통연계 연합체에도 속하는 않는 국가이다. 즉, 영국은 UCTE 회원국은 아니지만 프랑스와의 계통연계를 시행하고 있으며, 아일랜드(ESB)와의 계통연계를 추진 중에 있다. 또한, 불가리아/루마니아(BG/RO)의 경우는 현재 어떠한 계통연계 연합체에도 속하지 않으면서, 외국과의 계통연계도 시행하지 않고 있다.





〈그림 2.2〉 유럽 연계계통 지도

□ 서유럽계통(UCTE)

○ 개요

UCTE는 1951년 설립되어 현재 16개 회원국의 3.5억 인구에 연간 전력소비량이 1,750TWh에 달하는 세계 최고 역사를 자랑하고 있는 국가간 연계계통 조직체이다. UCTE 회원국을 약자와 함께 나타내면 다음과 같은 16개국인데, 이 중에서 CENTREL 계통을 형성하고 있는 체코, 헝가리, 폴란드, 슬로바키아는 준회원의 자격으로 가입하고 있다.

B	Belgium	BiH	Bosnia- Herzegovina	D	Germany
L	Luxembourg	E	Spain	NL	The Netherlands
F	France	SK	Slovakia	GR	Greece
A	Austria	I	Italy	P	Portugal
SLO	Slovenia	CH	Switzerland	HR	Croatia
CZ	Czech Republic	JIEL	Federal Republic of Yugoslavia	H	Hungary
FYROM	Former Yugoslavia Republic of Macedonia	PL	Poland		

○ 주요 활동사항

1996년 12월 유럽의회는 EU Electricity Directive를 제정했는데, 이는 1951년 결성된 UCTE 연계계통 운영에서 획기적인 전기를 마련하는 계기가 되었다. EU Electricity Directive는 유럽 지역내의 전력계통 연계를 통한 전력시장의 활성화를 최종 목표로 하여 제정된 발전, 송배전 분야에 대한 기본적인 공통 규칙으로서 아래와 같은 사항을 규정하고 있다.

- 계통운영자는 전력망 사용자(발전사업자, 독립발전사업자, 소비자, 중개인)에게 차별을 두는 것을 금지함.
- 발전, 송변전 및 배전 활동과 관련된 모든 비용은 수직 통합된 전력회사(Utility) 체제와는 달리 세분화되어 구별되어야 한다.(각 항목별 내역이 드러나야 됨)
- 계통운영자는 시스템 사용과 관련된 모든 비용을 공표해야한다.

또한, UCTE 계통 연계운전과 관련하여 언급할 중요한 사항은 유럽계통 운영자(ETSO)의 설립을 들 수 있다. 전 세계적인 추세인 전력산업 구조개편에 따른 전력시장 개설촉진과 유럽지역에서의 국가간 전력거래를 원활하게 추진하기 위하여 1999년 7월 유럽계통운영자(ETSO)를 설립하였다. ETSO(European Transmission System Operators)의 설립회원은 다음과 같은 4개의 지역별 계통연계 조직체로 구성되어있다.

- UCTE
- NORDEL
- ATSOI (아일랜드 계통운영자)
- UKTSOA (영국 계통운영자, UCTE 회원이 아님)

○ 기타사항

UCTE 접경지역에 위치한 주변 국가들 중에서 현재 UCTE에 연계되어 있지 않지만, 계통연계로 인한 기대 수익의 증대 때문에 UCTE와의 계통연계를 희망하는 국가는 계속적으로 늘어날 전망이다. 향후에 UCTE

계통과 연계가 예상되는 지역은 다음과 같다.

- 발칸반도의 여러 나라 (루마니아, 불가리아, 알바니아, 그리스)
- 러시아와의 동서연계 (HVDC  $\pm 500\text{kV}$  송전에 의한 슬모렌스크-민스크-바르샤바-베를린-프랑크푸르트 연계선로 계획단계)
- 발틱환 (발틱해를 둘러싼 국가들로서 HVDC와 HVAC 송전에 의한 환상연계를 구상함. 역내 국가는 베로루시아, 에스토니아, 라트비아, 리투아니아, 러시아)
- 지중해 연계 (모로코, 알제리, 튀니지, 리비아, 이집트, 중동, 터키, 발칸)

### 중부유럽계통 (CENTREL)

#### ○ 개요

(구)소련권의 IPS/UPS에 연계되어 운전되어오던 중부 유럽의 체코, 헝가리, 폴란드, 슬로바키아 4개국은 1992년 CENTREL을 결성하였다. 그리고, 동서독의 계통연계 직후인 1994년 10월 UCTE에 잠정적으로 연계되어 현재까지 지속되고 있다. 이러한 CENTREL 계통은 아래와 같은 각 국가별 전력회사가 모여서 결성한 지역연합 연계계통 조직체이다.

- CEPS, a. s. of the Czech Republic
- Magyar Villamos Rt. - MVM Rt. of Hungary
- Polskie Sieci Elektroenergetyczne SA - PSE SA of Poland
- Slovenske elektrarne, a. s. - SE, a. s. of Slovakia.

#### ○ 주요 활동사항

위와 같은 배경 하에서 결성된 CENTREL 계통의 현재까지 주요 활동사항을 살펴보면 다음과 같다.

- UCTE 계통과의 연계를 위하여 UCTE 계통이 요구하는 기술적, 조직적 및 각종 규격 등을 완비하는데 전력을 기울여, 1994년 UCTE-CENTREL 연계계통의 동기운전을 개시하여 현재에 이르고 있다.
- 1996년 급전센터 역할의 EACC(Energy Accounting and Control Centre, Warsaw 소재)가 활동을 개시하였다.
- UCTE 계통에 잠정 연계된 CENTREL 계통의 1997년까지 연계운전 실적이 UCTE의 전기품질 수준을 만족시킴으로써, UCTE는 1998년 한해 동안의 검토기간을 거쳐서 1999년 1월부터 CENTREL 계통의 4개 전력회사를 준회원으로 인정하게 되었다.
- 1998년에는 CENTREL의 Observer로서 VEAG(독일), VERBUND(오스트리아), CONEL(루마니아), UKRENERGO(우크라이나), NEK(불가리아) 등의 전력회사가 등록하였다.

북유럽 전력계통(NORDEL)

○ 개요

북유럽지역은 1951년 세계 최초의 대규모 상업용 HVDC 송전을 시행한 지역으로서 풍부한 수력자원과 상이한 전원구성을 바탕으로 일찍부터 국가간계통연계가 활발히 시행되어져 왔다. 이러한 배경 하에서 NORDEL은 1963년 북유럽 5개국(덴마크, 핀란드, 노르웨이, 스웨덴, 아이슬란드)간의 전력산업협력 및 전력용통을 위하여 결성된 조직체로서 가맹국 상호간의 전력용통은 물론이고 UCTE 및 CENTREL계통과의 연계를 통하여 유럽 단일계통의 한 축을 형성하고 있다. 아이슬란드는 현재 NORDEL 가맹국이지만 유럽의 타 지역과 멀리 떨어진 점 때문에 연계운전이 아니고 단독계통으로서 독립 운전되고 있다. 표 2.1은 NORDEL 회원국의 전원 구성비 현황을 나타낸 것이다. 표 2.1에서 알 수 있듯이, 유럽의 타 지역은 화력발전이 주종인 반면, NORDEL 국가 특히 노르웨이, 스웨덴, 핀란드 등은 풍부한 수력자원을 배경으로 한 수력발전이 다수를 점하고 있다. 따라서, 유럽 각국의 피크부하 발생시점과 계절별 유량차이에 따라서 인접 국가간 전력용통을 하여 상호간의 계통안정화 및 경제적 이득을 취하고 있다.

〈표 2.1〉 NORDEL 회원국의 전원 구성비(%)

국 가	수 력	화 력	원 자 력	풍 력	총발전량(TWh)
노르웨이	100				121.6
스웨덴	50	4	46		142.2
핀란드	21	44	35		51.7
덴마크		98		2	23.9
아이슬란드	100				4.4

○ 주요 활동사항

최근에 들어 전력산업 측면에서 NORDEL이 주목받는 이유는 이 지역이 통합 전력시장 형성을 바탕으로 국가간 전력용통에서 새로운 이론개발과 적용면에서 선구적인 역할을 하기 때문이다. 즉, 세계 최초로 지역 내 통합 전력시장인 NORD POOL을 구성함으로써 국가간 전력용통을 촉진하는 계기가 됨은 물론이고 연계선로의 송전용량 기본개념, 송전제약 문제 그리고 송전선 비용산정, 송전권리 및 용통전력의 가격결정 메커니즘 등 계통연계 측면에서 프론티어적인 특성을 갖춤으로써 전력산업 구조개편과 국가간 전력계통 연계분야에서 전 세계의 탐구 대상이 되고 있다.

## IPS/UPS 계통

### ○ 개요

1960년대 (구)소련은 동구권 국가와 전력계통을 연계시킴으로서 UPS(Unified Power System) 건설을 완성하였으며, UPS 계통을 구성하는 개별 국가 혹은 (구)소련내 지역계통을 IPS 계통으로 명명하여 IPS/UPS 계통으로 불리었다. 이러한 IPS/UPS 계통이 관할하는 전체 면적은 1천만km<sup>2</sup>에 달하였고, 발전설비 용량도 248.9GW로서 세계 최대규모였다. (구)소련의 자체 추정에 따르면 IPS/UPS 계통형성에 따른 발전설비 절감량이 12GW에 달한다고 보고되었는데, 이러한 설비용량 절감분은 연계계통 전체 발전설비의 5%에 달하는 것으로서 계통연계의 경제적 효용성을 나타내주는 사례로 볼 수 있다. 그러나 (구)소련 붕괴이후 중부 유럽의 체코, 헝가리, 폴란드, 슬로바키아 4개국은 1992년 CENTREL을 결성하여 IPS/UPS 연계계통을 탈퇴하고 UCTE 계통에 연계하였다. 또한, 일부 CIS 국가도 IPS/UPS 연계계통에서 분리됨으로써 현재는 러시아와 일부 인접지역 국가만으로 IPS/UPS 연계계통이 구성되어 있다.

### ○ 주요 활동사항

1990년대부터 IPS/UPS 전력계통은 (구)소련에서 분리된 각 독립국들의 전력계통을 운영하는 개별 전력회사들의 출현과 심각한 경제난 때문에 운영이 지극히 어려워졌다. 예를 들면 CIS로부터 동구 국가로의 전력 수출량이 1.7TWh로 감축되었는데 이는 1980년대의 전력수출량의 5%에 불과하다. 회원국 탈퇴와 더불어 연계계통 운영실적이 저조해진 이유는 개별 IPS 계통과의 연계선로 비용산정 문제를 둘러싼 분쟁과 대립, 그리고 주요 연계선로를 경유한 전력공급 비용 미지급 등으로 상호간의 송전루트가 운전 중지된 경우가 많기 때문이다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 1992년에는 11개 CIS 회원국들이 전력분야의 국가간 협력에 합의하고 CIS 전력회의를 발족시켰지만 여전히 과거와 같은 활발한 전력수수는 이루어지지 못하고 있는 형편이다.

## 북아메리카

### ○ 개요

앞에서 기술한 바와 같이 북아메리카 지역에서 국경을 통과하는 세계 최초의 국가간계통연계가 1901년에 시행되었는데, 캐나다 국경 나이아가라 폭포에 건설된 90MW 용량의 수력발전기에서 생산되는 전력을 30km 떨어진 뉴욕 버팔로까지 송전한 것이 효시였다. 또한, 1912년부터 캐나다 MANITOBA를 비롯한 서부 지역의 수력 발전소가 연계선로를 통하여 미국 북서부 지역의 전력공급을 담당하기 시작하였다. 그리고, 미국과 멕시코 국경지역의 미국측 전력수요를 충족하기 위하여 미국과 멕시코간 최초의 연계선로가 1905년에

건설되었다. 이와 같이, 미국, 캐나다와 멕시코 북아메리카 3국은 타 지역에 비해 일찍부터 국가간 전력계통 연계를 시행하여 왔는데, 이와 같이 전력계통 연계가 활발하게 진행된 배경을 정리하면 다음과 같다.

- 표 2.2에 북아메리카 3국의 전원구성비를 나타내었는데, 서로 상이한 점이 많음을 알 수 있다. 즉, 미국은 화력 중심인데 반하여 캐나다는 수력이 중심이며, 멕시코는 양자가 상대적으로 잘 조화되어 있는 구성비를 가지고 있다.
- 이와 같은 전원 구성비의 상이점 때문에 아래 사항을 염두에 둔 전력계통 연계가 경제성을 가지게 되었다.
  - 미국과 캐나다의 전력회사 간에는 상당한 수준의 전기요금 차이가 발생한다.
  - 양 국가의 전원 활용을 상호 협조할 경우 미국과 캐나다의 부하패턴 차이를 이용한 경제적인 전력공급이 가능하다.
  - 양 국가의 전원을 비상시 긴급응원 전력으로 공동 활용할 수 있다.

〈표 2.2〉 북아메리카 3국의 전원 구성비

	석탄 [%]	수력 [%]	가스 [%]	유류 [%]	원자력 [%]
미 국	40	13	21	9.3	13
캐나다	20	60	10		13
멕시코	-	30	12	50	-

그 이후 북아메리카 지역의 계통연계는 지속적으로 확장되어 왔는데, 현재 미국과 캐나다 사이에 79개, 미국과 멕시코사이에는 27개의 연계선로가 있다. 아래 표 2.3은 미국내 각 지역을 관장하는 신뢰도 위원회별로 미국~캐나다 및 미국~멕시코 사이의 주요 연계선로를 나타낸 것이며, 그림 2.3은 표 2.3에 나타낸 주요 연계선로를 지도상에서 표현한 것이다.

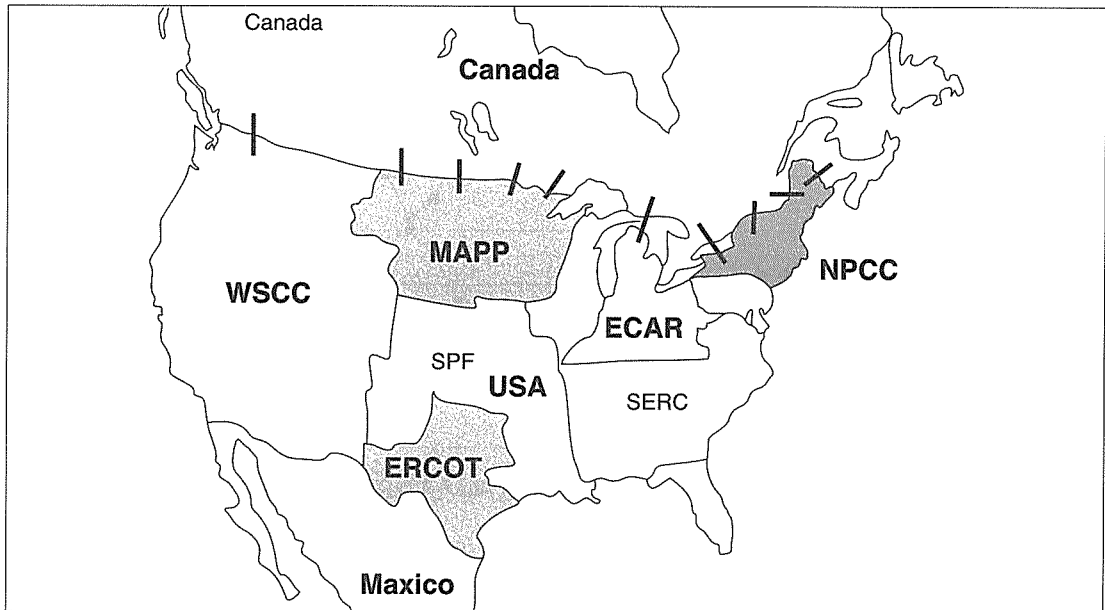
〈표 2.3〉 미국 ~ 캐나다 및 미국 ~ 멕시코 간 주요 연계선로

국 가	미국(지역/주)	캐나다(지역/주) : 주요 연계선로
미국 ~ 캐나다	NPCC-New England	New Brunswick: 345 kV AC, 138 kV AC, 69 kV AC 5회선 Quebec: 450 kV DC, 120 kV AC 2회선
	NPCC-New York	Quebec: 765 kV, 115 kV 2회선 Ontario: 345 kV, 230 kV 4회선, 69 kV 2회선
	ECAR-Michigan	Ontario: 345 kV 2회선, 230 kV 2회선
	MAPP (North Central)	Manitoba: 230 kV Minnesota & Manitoba: 500 kV, 230 kV Minnesota-Ontario: 115 kV
	WSCC (Northwest)	British Columbia: 500 kV 2회선, 230 kV 2회선



국 가	미국(지역/주)	캐나다(지역/주): 주요 연계선로
미국 ~ 멕시코	WSCC (Southwest)	230 kV 3회선, 69 kV 1회선 (현재 운전정지)
	ERCOT (Texas)	138 kV 다회선

\*) NPCC : Northeast Power Coordinating Council, ERCOT : Electric Reliability Council of Texas  
 ECAR : East Central Area Reliability Coordination Agreement  
 MAPP : Mid-Continent Area Power Pool, WSCC : Western Systems Coordinating Council



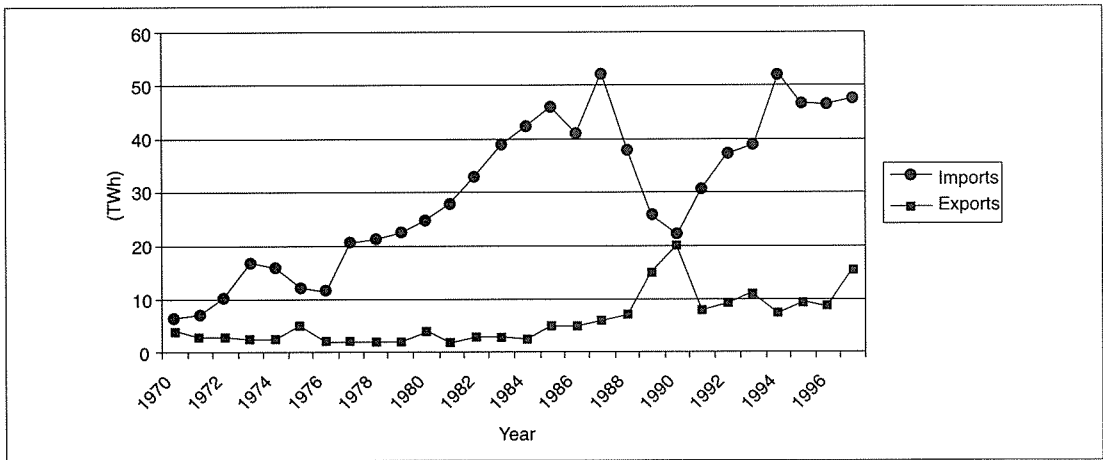
Source: U.S. DOE(1998) and APEC Regulator's Forum(1998)

〈그림 2.1〉 캐나다, 미국 그리고 멕시코의 전력계통 연계도

○ 주요 활동사항

미국의 관점에서 캐나다와 멕시코로부터 수입 혹은 수출한 전력거래 실적을 나타내면 그림 2.4와 같은데, 미국은 전체적으로 캐나다와 멕시코로부터 전력을 순수입하고 있다. 1970년대 초부터 1987년까지 미국의 전력 순수입은 초기에 조금씩 증가하다가 후반부에는 급격하게 증가하였다. 이점은 70년대 석유파동 이후 미국에서 석유화력 발전을 대체하기 위해 값이 싼 캐나다 수력발전 전력을 활용했음을 의미한다. 그러나, 1987년부터 1990년까지 미국의 수출은 증가했고, 수입은 급격하게 감소하였는데, 이는 캐나다 온타리오 수력에서 발생한 흑독한 가뭄, 예상 밖의 부하성장, 몇몇 원자력 발전기의 중단, 그리고 환경제약 때문에 일부 석탄화력 발전소의 출력이 저하하였기 때문이다. 1990년대 중반 미국의 최대 전력수입량은 50TWh를 초과하였는데, 대략 90%는 캐나다에서, 나머지 10%는 멕시코에서 수입하였다. 미국의 연간 평균 순수입

전력량을 고찰하면 미국 전체 한해 평균 전력에너지 소비량의 1.4%에 불과한 32.3TWh이지만, 수입전력이 미국 국경지역의 전력공급에 집중된다는 점을 고려하면 지역적인 관점에서 볼 때 그 영향력은 상당히 크다고 할 수 있다. 예를 들면 New England주는 1998년도에 전체 전력소비량 115.9TWh중에서 11.6%인 13.4TWh를 수입하였다. 또한, MAPP(Mid-Continent Area Power Pool)의 경우 수입 전력이 전체 전력소비량인 149.4TWh중에서 9.5%인 14.2TWh를 차지하였다.



Source: U.S. DOE(1998) <그림 2.2> 캐나다, 미국 그리고 멕시코간의 전력유통량 그래프

<표 2.4> 캐나다, 미국 그리고 멕시코간의 전력유통량

[MWh]

지역/주	수입량	수출량	순수입량	전체수요 대비 순수입량
미국-캐나다 연계선로				
NPCC-New England	13,418,471	180,674	13,237,797	11.6
NPCC-New York	5,368,669	1,408,342	3,960,327	3.6
ECAR	3,097,274	1,712,100	1,385,174	0.6
MAPP	14,208,046	439,289	13,768,757	9.5
WSCC	11,712,865	10,317,938	1,394,927	2.0
합계	47,805,325	14,058,343	33,746,982	
미국-멕시코 연계선로				
ERCOT	6,236	2,811	3,425	0.0
WSCC	16,493	1,500,896	- 1,484,403	
합계	22,729	1,503,707	- 1,480,978	
전체 합계	47,828,054	15,562,050	32,266,004	1.4

\* (-)값은 순수출량을 의미함.

국가간 전력유통과 관련하여 미국 에너지정책 관점에서 전력수출은 DOE(Department Of Energy)의 승인 사항이나 전력수입에는 아무런 규제조치가 없다. 전력수출 측면에서 미국 DOE의 기준은, 환경영향과 신뢰도측면에서 전력수출이 미국의 환경정책과 안정적인 전력계통 운영에 영향을 미치지 말아야 한다는 것이다. 그러나, 기본적으로 미국은 국제간 및 미국내 각 주간의 전력거래를 활성화시키는 정책을 견지하고 있다. 따라서, 비록 미국과 캐나다의 전력소비 증가율이 향후 연간 평균 1.2%, 1.4%정도로 지극히 낮을 것으로 예상되지만, 전력산업 구조개편과 원자력 전원예의 의존도 저하 등의 두 가지 요인 때문에 향후 국가간 전력거래는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

또한, 북아메리카 지역의 전력유통에서 유의할 사항은 전력산업 구조개편이 계통연계를 통한 국가간 전력유통을 촉진시킨다는 점이다. 즉, 구조개편 이전에는 국경에 인접한 주간에만 전력수출과 수입이 가능했으나 구조개편에 따라서 송전망에의 비차별적 접속이 보장되고 국가간 통합 전력시장이 개설되는 등의 주변여건이 조성됨으로써 필연적으로 국가간 전력거래는 증가할 수밖에 없다. 현재 북아메리카 전력시장 전체를 통합하는 전력 현물시장의 개설을 고려중이며, 이에 대하여 예비 타당성을 검토하고 있는 단계이다. 또한, 원자력 환경문제에 대한 관심이 높아짐에 따라서 원자력 전원 발전량 의존도가 북아메리카 지역에서 1996년 17~20%이었던 것이 향후 2020년에는 7~8%로 저하될 것으로 예상되고 있다. 이와 같이 원자력 의존도가 낮아질 경우 필연적으로 이를 대체할 신규 전원이 필요한데, 가장 유력한 대안이 캐나다의 수력이므로 국가간 전력 유통량은 증가할 수밖에 없을 것으로 판단된다.

## 남아메리카

남아메리카 지역의 경우 브라질~파라과이를 연결하는 세계 최대용량의 6,300MW Itaipu HVDC 연계선로를 비롯하여 파라과이~아르헨티나, 아르헨티나~우루과이, 콜롬비아~베네수엘라 등 많은 기존 연계 계통망이 존재하고 있다. 또한, 칠레, 페루, 에콰도르 등 서부 해안지역과 중부 내륙지역간의 전력유통을 위한 연계 계통망이 계획되고 있다. 현재 남아메리카 지역의 계통연계는 초보단계이고 지역을 통할하는 연합체나 계통운영자가 없으나, 향후 계통연계가 활성화됨에 따라서 점차 이러한 조직체를 결성하고자 하는 움직임이 나타날 것으로 판단된다. 남아메리카 지역은 향후 아래와 같은 요인 때문에 계통연계가 촉진될 것으로 전망된다.

- 국가별 수력자원의 분포 차이
- 국가별 에너지자원과 전력수요 사이의 불균형
- 서로 다른 시간대역으로 인한 부하곡선 차이
- 양자간 전력협력에 의한 적극적인 계통연계 추진 추세
- 지역 내 대부분의 국가에서 기 진행되었거나 진행중인 전력산업 구조개편 영향

## 동남아시아

ASEAN은 30여년 전 지역 평화유지와 공동 번영을 목적으로 결성된 동남아시아 국가연합체로서 주로 개발도상국의 입장을 대변해 오고 있다. ASEAN GRID는 동남아시아 지역 ASEAN 회원국의 전력계통 연계를 위한 연합체로서 말레이시아, 싱가포르, 태국, 인도네시아, 필리핀, 브루나이, 라오스, 베트남, 미얀마, 캄보디아 등 10개국이 참여하고 있다. 1978년부터 태국-말레이시아-싱가포르를 계통연계를 통하여 소규모 전력을 융통하였으나, 실제적인 계통연계 계획은 1980년대 이후 수립되었다.

즉, 1981년 4월 ASEAN 전력회사들의 대표자 회의(Heads of ASEAN Power Utilities/ Authorities : HAPUA)에서 각국은 전력회사간의 정보교환, 설비의 공동이용, 자원개발 프로젝트에 협력할 것을 확인하였다. 그리고, 국가간 전력교역의 타당성 평가를 위한 계획수립과 소프트웨어의 공동 활용, 기존의 말레이시아-태국간 전력계통 연계망의 경험을 이용한 전력교역 증대 등을 중점적으로 논의하였다. 이러한 기본 바탕 위에 1982년 ASEAN 각 국은 이 지역내의 경제성장에 필요한 에너지 수요에 적극적으로 대처하기 위한 방안의 하나로, 최초의 계통연계 사업계획인 8개의 계통연계 사업을 제안하였는데, 이는 그 후 14개 프로젝트 규모의 아세안 그리드(ASEAN GRID) 계획의 일부가 되었다. 그러나 당시 이 연계 프로젝트는 시급한 사안 이 아니었고, 재정적인 부담과 장거리 송전선로 건설 등 지리적 장애요인으로 일부 프로젝트만 연계 운용 중인 상태이다. 아세안 그리드는 1993년부터 추진중인 말레이시아 사라와크(Sarawak)의 바쿰(Bakun) 수력발전 프로젝트가 추진됨에 따라서 국가간계통연계 사업이 활성화되었으며, 인도네시아, 말레이시아, 태국의 성장삼각지대(Indonesia - Malaysia - Thailand Growth Triangle; IMT-GT)와 메콩강 지역(Greater Mekong Subregional; GMS)의 경제협력 촉진과 민간부문의 전력사업(Electric Supply Industry; ESI) 참여 확대가 기대되고 있다.

실제적인 전력계통 연계는 국가간의 쌍무협정에 근거하여 이루어지며 현재 14개의 연계 프로젝트가 추진 중에 있다. 그 중에서 10개 프로젝트는 이미 존재하거나 타당성 검토단계이며, 나머지 4개 프로젝트는 장래의 계통연계 계획을 구상하고 있는 단계이다. 표 2.5와 그림 2.5는 현재 계통연계를 시행 중이거나 혹은 타당성 연구를 진행중인 10개 프로젝트에 대하여 계통연계의 위치 및 개요를 나타낸 것이다. 표 2.5에 나타난 10개 프로젝트 중에서 말레이반도-싱가포르(1번) 및 말레이반도-태국(2번)간의 1단계 계통연계 사업만 현재 운영 중이며, 나머지는 타당성 검토가 진행중이다. 또한, 표 2.6 및 그림 2.6은 장래에 구상중인 동남아 계통연계 사업을 나타낸 것이며, 향후 타당성 연구를 착수할 예정이다.

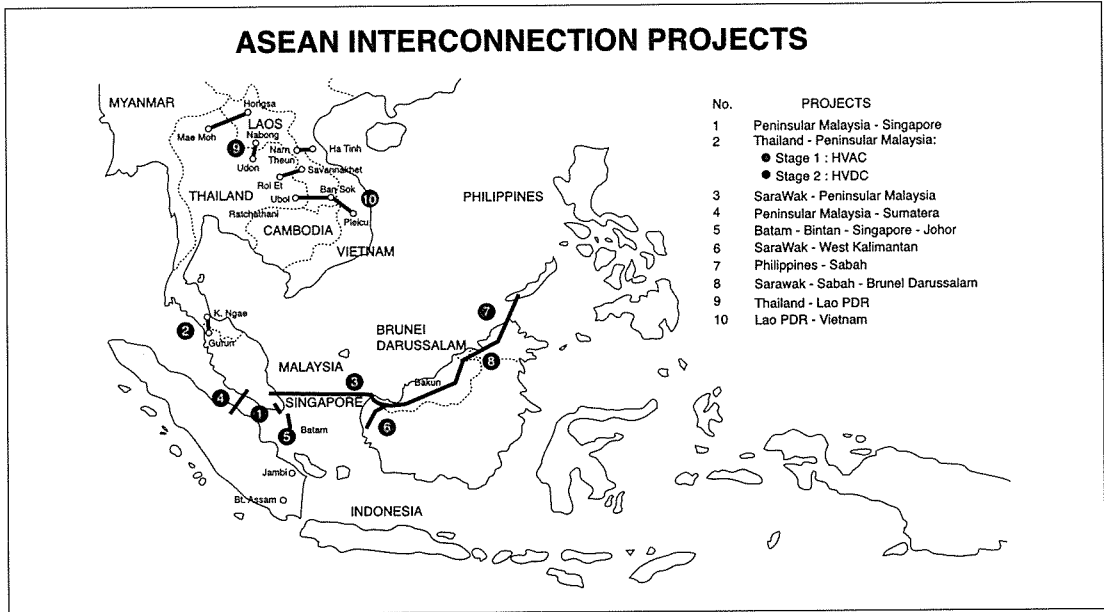
위와 같은 ASEAN GRID 사업은 기본적인 경제적 타당성이 있음에도 불구하고 여러가지 장애요인 때문에 실제 사업수행은 상당히 지연되고 있다. ASEAN GRID가 당연한 장애요인으로는 점으로 연결된 개별 국가 계통을 연계하는데 소요되는 막대한 비용과 경제 침체로 인한 수요감소로 계통연계의 필요성 저하 및 전원개발의 불확실성에 따른 계통연계 사업추진의 어려움 등을 들 수 있다.

〈표 2.5〉 ASEAN 계통연계 프로젝트(시행 중 혹은 타당성 검토단계)

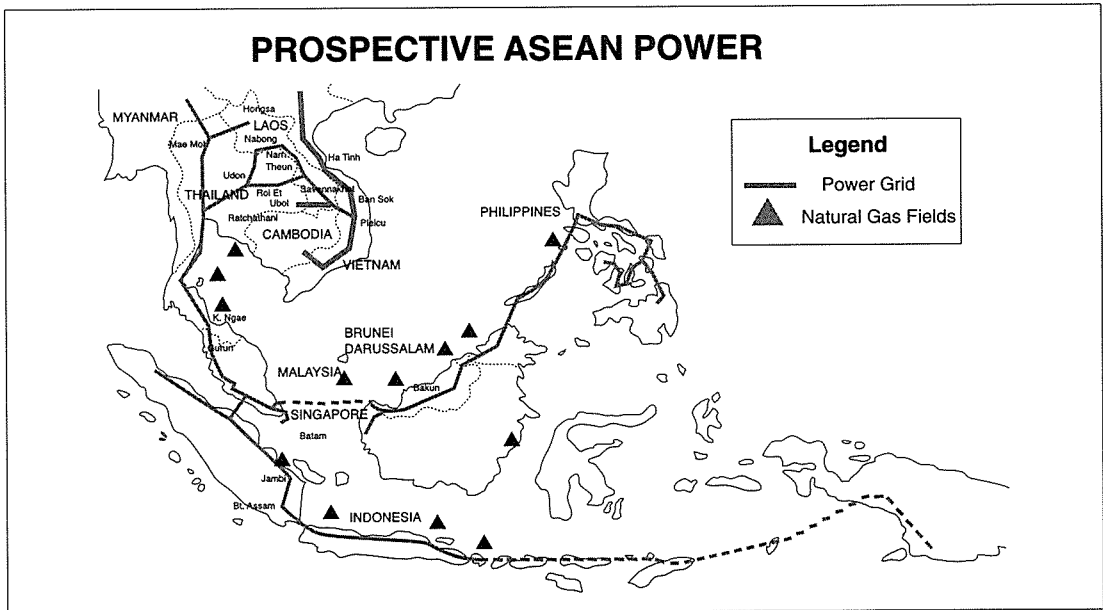
번호	프로젝트 명칭	비 고
1	Peninsular Malaysia ~ Singapore	2×250MW 해저케이블, 동기연계 방식 1985년 운전 275kV TNB Side & 230kV PG Side
2	Peninsular Malaysia ~ Thailand a)Bukit Ketri-Sadao (Stage I) b)Gurun-Khlong Ngae(Stage II)	a) 117MW 가공선로, 동기연계 방식 1981년 운전 132kV TNB Side & 115kV EGAT Side b) 2000년도 완공예정, 110km 선로, 300MW 2단자 HVDC
3	Sarawak~Peninsular Malaysia	Bakun 수력기 연계, 500MW 용량
4	Peninsular Malaysia ~ Sumatera	50km HVDC 해저케이블로 연계예정, 재원조달이 장해요인
5	Batam-Bintan-Singapore-Johor	타당성 연구를 위한 투자가 모집 중
6	Sarawak ~ West Kalimantan	2×75MW 용량, 231km 150kV 선로, 민간자본을 유치하여 연계예정
7	Philippines ~ Sabah	기초타당성(pre-feasibility) 연구수행 중
8	Sarawak ~ Sabah ~ Brunei Darussalam	Sarawak 지역 수력발전소를 건설하고 275kV 가공선로를 통하 여 3개 전력망을 연계할 예정, 민간자본 유치 중
9	Thailand - Lao PDR	4개의 연계선로에 대한 타당성연구 및 3개 선로의 연계위치를 선정했음.
10	Lao PDR - Vietnam	두 개 연계선로를 건설하는 비망목을 상호간에 체결했음

〈표 2.6〉 ASEAN 계통연계 프로젝트(구상단계)

번호	프로젝트 명칭	비 고
1	Thailand - Myanmar	향후 연계가능한 프로젝트로서 현재 구상 단계
2	Vietnam - Cambodia	
3	Lao PDR - Cambodia	
4	Thailand - Cambodia	



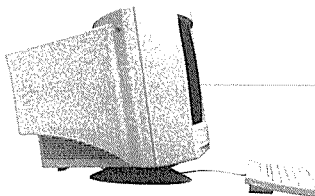
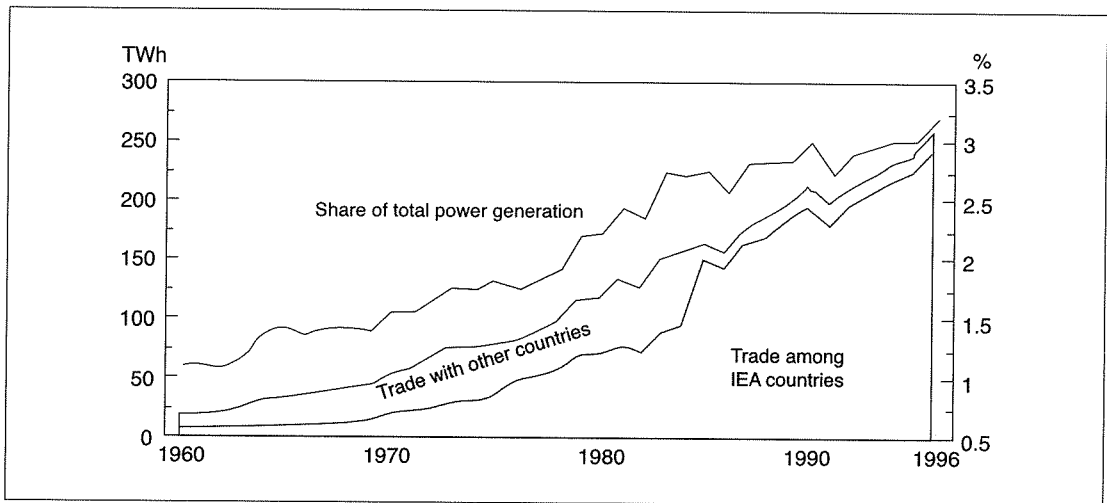
〈그림 2.3〉 ASEAN 계통연계망(시행 중 혹은 검토단계)



〈그림 2.4〉 ASEAN 계통연계망(구상단계)

지금까지 전 세계 각국의 국가간 연계계통 현황에 대하여 간략하게 살펴보았는데, 1960년대 이후 국가간 계통연계를 통한 전력거래는 지속적으로 증가하고 있다. 참고로 IEA(International Energy Agency) 국가를 예로서 살펴보면 그림 2.7에 나타낸 것처럼 1960년대 이후 국가간 전력거래량이 꾸준히 증가하여 1990년대 후반에는 250TWh를 초과하였으며 전체 전력사용량 대비 국가간 전력유통량 점유율도 3%를 넘어서고 있음을 알 수 있다.

〈그림 2.7〉 IEA 국가의 전력거래량 및 전체 전력사용량 대비 점유율



진흥회 Homepage 이용안내

<http://www.koema.or.kr>