

동북아 계통연계의 현황과 미래

■ 박동욱 / 한국전기연구원

서 언

21세기 세계 에너지 전망에 따르면 아시아-태평양지역, 그 중에서도 동북아지역은 지속적인 고도성장에 따라서 에너지공급의 중요성이 더욱 높아질 것으로 전망된다. 다양한 에너지공급원 중에서도 전력소비는 미래 선진 IT 사회에서 고급에너지로서의 사용 편리성 때문에 소비의 절대량(억kWh)과 전체 에너지대비 점유율(%)이 증가할 것으로 예상된다. 21세기 전력산업분야는 구조 개편과 계통연계라는 두 가지 명제를 안고 있으며, 이와 더불어 온실가스 기후협약에 따른 환경문제에 대처해야 하는 공통점을 지니고 있다. 현재 북미, 유럽, 남미, 아프리카 등 거의 모든 지역에서 역내 국가간의 전력계통을 상호 연계하여 전력을 융통함으로써 경제적 이익을 향유하고 있고 계통연계의 범위가 계속적으로 확장되고 있는 추세이다.

동북아 국가간 전력계통 연계(이하 “동북아계통연계”로 통칭함)는 동북아 6개국(일반적으로 동북아지역을 의미할 때 대만과 홍콩 등을 포함시키지만, 동북아 국가간 전력계통 연계관점에서는 양 국가를 배제하고 있음. 한국, 북한, 러시아, 일본, 중국, 몽고)의 전력계통을 서로 연결하여 전력을 상호 융통함으로써 전력공급 신뢰도를 높이고 경제적인 이익을 향유하고자 하는 것이다. 국가간계통연계는 역내 국가간 에너지협력의 일환으로서, 전기라는 상품이 가지는 독특한 기술적, 경제적 특성과 에너지안보 측면의 고려사항을 동시에 가지고 있다.

동북아 지역은 자원보유, 부하곡선, 전원구성 등의 측면에서 상호 보완성이 높으며 현재 계통연계를 통하여 대규모 전력융통을 시행하고 있는 유럽과 북미 등 세계 여타 지역보다 계통연계로 인한 경제적 유용성이 클 것으로 예상되고 있다. 동북아계통연계는 (구)소련 붕괴 이후인 1990년대부터 관련논의가 민간차원에서만 진행되고 있는 실정이다.

우리의 입장에서 보면 동북아계통연계는 국내의 장기 전력수급뿐만 아니라 남북한 전력협력을 통한 경제협력과도 밀접하게 연관되어 있다. 기본적으로 동북아계통연계는 높은 경제성 효율성에도 불구하고 많은 정치적, 기술적 장애요인이 상존해 있으며, 정부차원의 장기적인 정책수립이 요망되는 국제협력 시안이다. 본 고에서는 동북아계통연계의 현황과 전망을 고찰하기 위하여 세계 각국의 계통연계 현황, 동북아계통연계의 필요성을 살펴보고, 국내에서 수행 중인 관련 연구의 개요에 대해 기술하겠다.

세계지역별 동향 및 동북아 현황

세계각국 계통연계 현황

최초의 국가간 계통연계는 1901년 나이가가라 폭포의 수자원을 공동 활용하기 위하여 미국과 캐나다간에 30MW 규모의 수력발전기를 통한 전력융통을 시행한 것이 시초이다. 그 이후 1950년대부터 경제공동체 형성 움직임과 더불어 본격적으로 역내 국가간의 전력계통을

상호 연계하고자 하는 시도가 활발해 졌으며, 그 결과 현재 아래와 같은 지역별 전력계통 연계망이 형성되어 있다.

(1) UCTE(The Union for the Coordination of the Electricity) :

1951년에 설립된 서유럽 국가간의 전력계통 연계망으로서 1999년 UCPT에서 UCTE로 명칭을 변경하였다. 명칭변경의 이유는 전력시장 구조개편에 따라서 발전사업자가 수평분할 되었기 때문이다. 현재는 중부유럽 CENTREL 계통과도 연계운전하고 있으며, IPS/UPS 계통과는 향후 계통연계를 위한 사전검토를 현재 진행 중이다.

(2) NORDEL(The Association for Nordic Cooperation in Electric Energy) :

1963년에 설립된 북유럽 국가 5개국(덴마크, 핀란드, 스웨덴, 노르웨이, 아이슬란드)의 전력계통 연계망으로서 덴마크의 화력전원과 여타 국가의 수력전원간의 협조운용을 통한 경제성 확보가 기본 목적이다.

(3) IPS/UPS (Interconnected Power System/Unified Power System):

(구)소련과 동구권 국가의 전력계통이 연계하여 1960년대 UPS(Unified Power System) 연계계통을 건설하였는데, UPS 계통을 구성하는 개별 국가 혹은 (구)소련내 지역계통을 IPS 계통으로 명명하였다. 현재는 과거 동구권 일부국가가 CENTREL 계통으로 분리되었고 상당수 (구)소련 연방내 독립국가들도 탈퇴함으로써, 러시아와 일부 주변국가만으로 구성된 전력계통 연계망으로 운전되고 있다.

(4) CENTREL (An Organisation for Central Power Cooperation)

과거 러시아의 UPS 계통에 연계되어

있던 IPS 계통이다. (구) 소련 붕괴 이후 중부유럽 국가들의 전력계통 연계망으로 분리 독립하였으며 1994년 이후 UCTE 계통과 연계운전을 시행하고 있다.

(5) 북미 및 남미 :

북미지역의 캐나다, 미국, 멕시코 3개국은 전원구성의 상이점과 전기요금 차이를 활용하기 위하여 국가간 전력계통 연계를 통한 활발한 전력유통을 시행하고 있다. 남미의 경우도 파라과이와 브라질이 세계 최대의 HVDC 송전망으로 연계되어 있으며, 칠레, 페루, 브라질 등 각 국가별로 계통연계를 위한 준비작업이 진행 중이다.

(6) 남아프리카 (SADC : Southern African Development Community) :

SADC는 남아프리카 12개 국가로 구성되어 있으며 SAPP(Southern African Power Pool)를 구성하여 운영 중이며, 일부 국가간에 전력유통을 시행하고 있다.

(7) ASEAN GRID(동남아시아) :

동남아 회원국간의 전력계통 연계망으로서 현재 일부 시험적인 계통연계를 시행하고 있으며 본격적인 계통연계를 위한 추진계획을 가지고 있다.

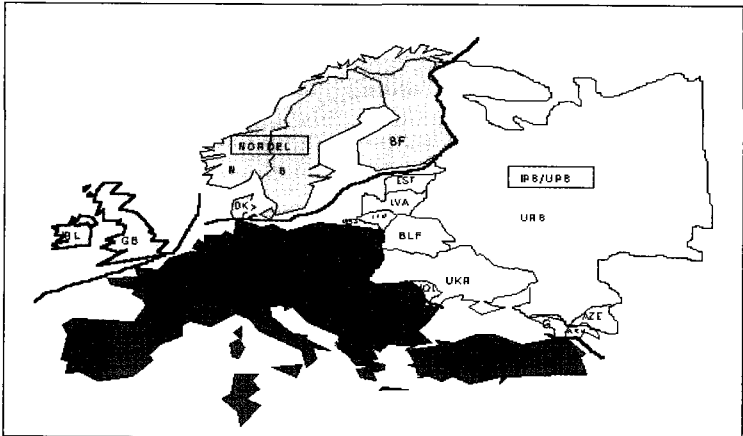


그림 1 유럽 연계계통 개요

1. 일반적으로 동북아지역을 의미할 때 대만과 홍콩 등을 포함시키지만, 동북아 국가간 전력계통 연계관점에서는 양 국가를 배제하고 있음.

1960년대 이후 국가간계통연계를 통한 전력거래는 지속적으로 증가하고 있다. IEA(International Energy Agency) 회원국을 예로서 살펴보면 1990년대 후반에 전력용통량이 250TWh를 초과하였다. 이는 전체 전력사용량 대비 국가간 전력용통량 점유율이 3%를 넘어서는 수준이며, 향후 지속적으로 증가할 것으로 예상하고 있다. 유럽의 국가별 전력계통 연계현황을 예시로서 나타내면 <그림 1>과 같다.

동북아 계통연계 필요성

동북아 6개국은 경제규모, 전력시장체제, 에너지자원, 기술 및 자금력 측면에서 상호 보완적이다. 이 점은 동북아계통연계를 통한 전력용통에 긍정적인 방향이며, 전력산업의 운용과 계획측면에서 이러한 상호 보완적인 특성을 잘 활용할 경우 당사국 모두에게 경제적 이득을 가져다 줄 수 있다. 동북아 6개국의 주요 전력산업 지표는 <표 1>과 같다.

- 자원부국 (러시아, 중국) 대 자원빈국 (한국, 일본)
- 높은 전력수요 성장률 (중국, 한국) 대 잉여전력 발생 (러시아)
- 전원개발 입지난 (한국, 일본)
- 대규모 에너지자원 개발가능 (러시아, 중국)

21세기에 들어 국내 전력산업은 구조개편을 통한 전력산업의 경쟁력 확보, 세계 기후협약에 따른 CO2 저감 문제 및 NIMBY 현상에 따른 전력설비 입지난 등의 많은 문제점을 지니고 있다. 이러한 문제점을 합리적으로 해결할 수 있는 대안 중의 하나로 검토될 수 있는 사안이 동북아계통연계라고 판단된다. 국내 관점에서 동북아계통연계의 필요성을 기술하면 아래와 같다.

- 동북아지역의 전력용통에 따른 경제성은 세계 여타 지역보다 높음.
 - 에너지자원 분포정도, 부하곡선 차이, 전기요금 격차 및 국가별 상이한 전원구성비 때문에 동북아 지역은 전력계통 연계의 이점이 타 지역보다 높은 것으로 평가된다.
- 동북아계통연계로 우리의 독립적 계통운영의 한계를 극복 가능함.
 - 국내 전원입지난, 발전분야 온실가스 문제, 경제적 전원확보 등 독립계통으로 운영되는 현행 전력산업의 한계점을 극복할 수 있는 대안제시가 가능하다.
 - 국내 CO2 배출량의 25% 내외를 발전분야가 담당하고 있으며, 이러한 환경문제를 동북아계통연계를 통하여 완화할 수 있다.
 - 국가간 계통연계를 통하여 전기품질의 향상, 계통 운전비용과 예비력 절감효과가 기대된다.
- 새로운 시장(특히 중전기 시장)의 창출로 경제적 기회의 창출이 가능함.
 - 북한 에너지 인프라 투자는 대단위 인프라 투자를 유발할 것으로 예상되며, 북한 전력인프라 재건은 동북아계통연계를 감안하여 설계되어야 한다.

○ 에너지 안보적인 측면에서 중동의존도를 낮추기 위해서는 북방 에너지자원과의 연결(협력)이 필요한 상황임.

표 1 전력생산과 수요현황(2000년 기준)

국 가	러시아	몽골	중국	한국	북한	일본
발전량[TWh]	798.1	2.7	1,173	250.3	28.6	1,018
화석연료[%]	66.3	100	79.8	59.2	34.6	58.9
수 력[%]	19.8	0	19.0	1.6	65.4	8.4
원자력[%]	13.9	0	1.2	39.1	0	30.3
기 타[%]	0	0	0.01	0.02	0	2.4
수요[TWh]	728.2	2.8	1,084	232.8	26.6	947.0
수출[TWh]	20	0.08	7.2	0	0	0
수입[TWh]	6	0.4	0.09	0	0	0
주파수[Hz]	50	50	50	60	60	50/60
송전전압[kV]	1000/500/ 220/154	220/110	(1000)/500 /220/110	765/345 /154	(500)/220 /110	(1000)/500 /250(220)/ 154(110)

*1) 일본(1000)계통은 500kV로 운전 중, 북한(500kV)계통은 계획단계

- 향후 극동러시아와 시베리아 등으로부터의 석유, 가스, 전력 등의 북방에너지자원 확보는 우리나라 에너지안보의 핵심적 고리로 작용할 것임.

동북아계통연계 현황

현재 동북아 지역에는 러시아와 몽고 및 러시아와 중국간에만 소규모의 연계선로를 통한 전력유통을 시행하고 있을 뿐, 대용량의 본격적인 전력유통은 시행되지 않고 있다. 중국과 북한간에는 4개의 1,780MW 수력발전소를 공동운영하고 있으나 이는 50Hz, 60Hz 발전기를 분리 운전하는 것이므로 계통연계는 아니다.

동북아계통연계 관련연구 개요

90년대 이후 중국, 러시아, 일본 등의 주변국가는 자국 이익 극대화 관점에서 동북아 계통연계에 대한 기본적인 검토를 수행하였다. 또한, APERC, UNESCAP 등 중립적인 입장에 있는 국제기구도 동북아 계통연계에 대한 활발한 토의와 관련 회의를 지속적으로 개최하고 있다. 국내에서는 주변국가보다 늦은 90년대 후반이후 남북한 및 동북아 계통연계와 관련된 기본적인 연구가 관련 연구기관에서 수행 되어왔다. 지금까지 국내에서 기수행한 과제는 전력회사 입장에서 남북한 및 동북아 전력협력을 위한 현황파악, 기초자료 수집을 위주로 한 단기과제였다. 그에 반하여 현재 국내에서 수행 중인 “동북아 계통연계 기반구축 연구(1)”은 정부차원에서 미래에 대비한 종합적인 정책연구사업이다. 본 연구는 동북아 계통연계의 기술성·경제성·시장성을 평가분석하고, 계통연계 DB를 구축하며, 국제협력의 토대를 구축하는 것을 목표로 하고 있다. “동북아계통연계 기반구축연구(1)”의 개요를 살펴보면 다음과 같다.

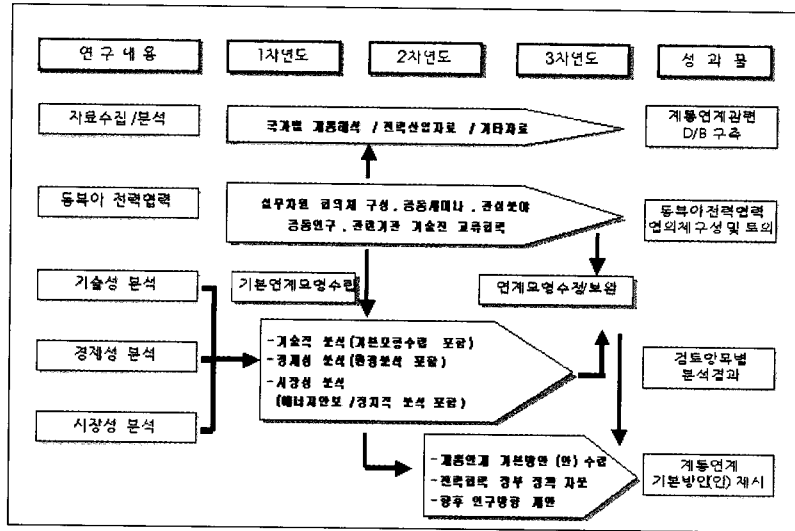


그림 2 동북아 계통연계 기반구축 연구(1) 연구개요 및 성과물

- 연구기간 : 2002. 12. 01 ~ 2005. 11. 30 (3년)
- 연구 최종목표 :
 - 동북아 계통연계 검토를 위한 전력계통 및 전력산업 자료 D/B 구축
 - 동북아 전력협력 협의체 구성 및 국제협력 기반조성
 - 동북아 계통연계의 기술성, 경제성, 시장성 평가/분석
 - 동북아 계통연계 기본 추진방안(안) 수립 및 정부 정책 자문
- 연차별 연구내용 및 상호 관련성 :

연차별 연구내용과 세부과제별 상호 연관성 및 연구결과 예상 성과물을 <그림 2>에 나타내었다. 동북아 6개국의 전력계통 및 전력산업관련 자료를 수집하여 계통연계 DB를 구축하며, DB 구축자료를 활용하여 동북아 계통연계의 기술성·경제성·시장성을 분석할 예정이다. 이와 별개로 정부간의 접촉이전에 민간차원에서 동북아 전력협력을 위한 기본토대를 구축하기 위한 국제협력을 강구한다. 그리고, 이러한 분석결과를 종합하여 최종적으로 동북아계통연계 기본(안)을 수립할 것이다.
- 연구수행 체계 :

연구수행 체계도를 <그림 3>에 나타내었는데, 한국전기연구원을 주관기관으로 하여 학·연·산

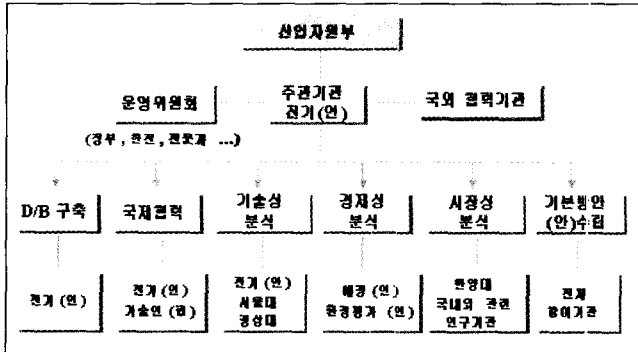


그림 3 동북아 계통연계 기반구축 연구(1) 수행체계도

분야별 전문 연구기관이 총망라되어 참여하고 있다. 시장성분석과 경제성분석은 각각 에너지경제 연구원과 한양대의 에너지경제 전문가가 참여하며, 환경정책·평가연구원은 경제성분석 중에서 환경영향 분야를 담당하고 있다. 그리고, 경상대는 기술성분석의 일부인 신뢰도분석연구를 수행하며, 전력기술인협회가 국제협력 활동을 지원하는 것으로 구성되어 있다.

본 과제의 연구내용 중에서 기술성, 경제성, 시장성에 대해서는 별도 자료에서 상세하게 기술하므로 생략하고, 본 고에서는 계통연계 DB 및 국제협력 세부과제에 대해서만 아래에서 간략하게 기술하겠다.

동북아계통연계 DB 및 국제협력

계통연계 DB 구축

“동북아계통연계 기반구축 연구(1)”의 일환으로서 동북아계통연계 홈페이지, 연구관리 프로그램 및 동북아계통연계 DB를 포함한 통합시스템을 구축하였다. 통합시스템의 일부인 동북아계통연계 DB는 동북아계통연계의 기술성·경제성·시장성 분석을 위하여 필요한 동북아 6개국의 전력산업과 전력계통 관련 자료를 수집하고 이를 DB로 구축하는 것이다. 동북아계통연계 홈페이지에 구축되어 있는 통합시스템의 주요 내용은 다음과 같다.

- 동북아 계통연계 홈페이지 (<http://nearest.keri.re.kr>)
- 동북아 계통연계 홍보 및 국내/국제협력을 위한 정보교류 창구
- 연구관리 프로그램 도입 (홈페이지 내)
- 연구관리 프로그램을 통한 정보교류 및 과제관리
- 계통연계 DB 구축 (홈페이지 내, 현재 구축 중)
- 한국, 러시아, 일본 일부자료 기 구축 및 여타자료 현재 구축 중

통합시스템 중에서 가장 중요한 계통연계 DB의 구축 개요를 나타내면 <그림 4>와 같다. DB 구축시 수집 자료의 효율적인 활용을 위한 자료등록, 자료검색, 외부 프로그램과의 인터페이스 기능을 고려하여 설계하였다. 계통연계 DB에 구축할 자료는 본 연구를 통한 상세 분석과 국외 전문가 활용 및 국제 공동연구를 통하여 수집하며, EIA, APERC 등 기 구축되어 있는 국외 에너지 관련 연구기관의 DB자료도 일부 참조한다.

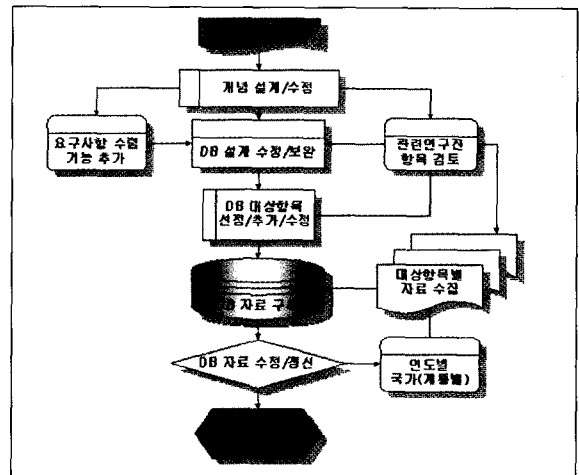


그림 4 DB 구축 플로우 차트

국제협력 활동개요

본 연구에서 수행하는 국제협력 활동은 남북한을 포함한 동북아 관련 연구기관 간에 민간차원에서 계통연계를 논의할 수 있는 회의체를 구성하고, 이를 통하여 계통연계 기반구축을 위한 다양한 논의구조와 실행력을



확보하는 것이다. 국제협력활동은 국제회의의 참석을 통한 계통연계 협의체 구성 논의, 동북아 관련기관과의 국제협력 협정체결, “러시아-북한-남한” 계통연계 3자회의 개최 및 국외 전문가 활용과 공동연구 등이다.

1차년도 연구(2003년도)를 통하여 UNESCAP-SOM 회의, Nautilus Workshop 등 국제회의에 참석하여 발표 및 토의를 하였으며 동북아 계통연계 전문가 회의를 개최하였다. 그리고, 동북아 계통연계를 검토하고 있는 관련 기관인 VOSTOKENERGO, APERC, ESI와 동북아계통연계 연구와 관련된 국제협력 협정을 체결하였다. 이와 더불어 한국입장에서 중요성이 큰 러시아 및 북한과는 남북한, 러시아가 참가하는 별도의 3자회의를 하바로프스크와 평양에서 각각 개최하고 향후 상호 협력방안을 논의하였다. 기타 러시아 및 일본의 관련 전문가를 활용하여 계통연계관련 자료를 수집을 진행 중이다. 이러한 국제협력 활동은 향후 지속적으로 추진될 것이며, 특히 북한의 적극적인 참여를 통한 다양한 협력방안을 강구할 생각이다.

동북아계통연계 향후 전망

과거 90년대 중반에는 “러시아~일본” 및 “러시아~중국” 간의 계통연계가 현실성을 가진 방안으로 부각되었다. 그 이유는 계통연계를 시행하는 경우 일본이 가장 큰 전력 수입국이 될 것으로 예상되며, 국내 전기요금도 가장 비싸기 때문이다. 중국의 경우는 지속적인 경제성장에 따른 수요성장 속도가 가장 높으며, 이에 따라 주변 국가로부터의 전력수입 필요성도 크기 때문이다. 그러나, 일본과 중국의 내부 문제와 특히 일본의 경우 러시아와의 정치적인 문제 때문에 계통연계가 실질적으로 시행되지는 않고 있다.

2000년대 들어와서는 동북아계통연계방안 중에서 “러시아~북한~남한” 계통연계방안이 실현 가능성 측면에서 가장 현실적인 방안으로 거론되고 있다. 그 이유는 북한이 심각한 전력난을 타개하기 위하여 남한 및 러시아에 전력지원을 요청하고 있는 상태이며, 남한 내부적으로도 남북한 전력협력 방안장구는 물론이고 경제적

인 해외 전원개발의 필요성이 커지고 있기 때문이다. 이러한 점에서 우리에게 가장 현실적인 측면에서 관심이 되는 “러시아-북한-남한” 계통연계 방안과 관련된 향후 전망과 기본적인 가설을 열거하면 다음과 같다.

- (가설-1) : (동북아) 및 (북한-러시아) 연계망 통합
 - 러시아-북한간 교류연계망을 동북아 직류연계망과 통합 운전하는 경우로서, 동북아 직류연계망 건설이후에는 청진부하를 북한계통에 재편입시키는 것을 전제로 하고 있다.
- (가설-2) : (동북아) 및 (북한-러시아) 연계망 별개
 - 동북아 직류연계망과 러시아-북한간 교류연계망을 별개로 운전하는 가설로서, 동북아 직류연계망 건설이후에도 청진부하는 북한계통과 별개로 운전하는 것이 전제이다.
- (가설-3) : 국경지역에서 BTB(Back-to-Back) 채용, 연계선로 없음.
 - 러시아와 북한, 북한-남한 국경지역에서 BTB 변환소를 건설하여 상호 전력을 융통한다. 이는 각 국내부계통의 송전망은 자국 책임 하에 전력을 융통함을 의미한다.
- (가설-4) : 연계선로 동해 혹은 서해 경유
 - 북한지역을 통과하지 않고 중국영내를 거쳐 서해를 경유하거나 혹은 동해를 경유하는 “러시아-남한” 간의 계통연계로서 한국 입장에서의 에너지안보(Energy Security)를 고려한 측면이다. 이 경우 “남한-북한” 간의 계통연계는 별도로 고려해야 하며, 서해 경유시 중국영내를 거쳐야 하는 복잡한 문제와 현실적인 측면에서 가능성은 낮다.

러시아와 남북한을 포함한 전체 동북아 국가간의 계통연계 예상 시나리오를 나타내면 (그림 5)와 같다. (그림 5)의 예상시나리오는 다음과 같은 3개의 환상망(Loop)으로 구성되어 있다.

- ① Mainland New Circle : 일본을 제외한 5개국 연결
- ② East Sea New Circle : 동해를 지나 중국과 몽고를 제외한 4개국 연결

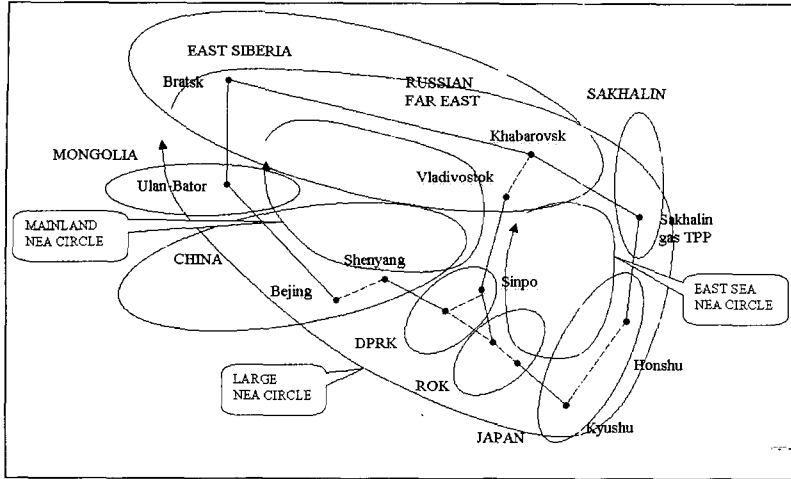


그림 5 동북아 6개국 계통연계 시나리오

③ Large New Circle : 위의 ①, ②번들을 포함하며, 일본의 섬들과 모든 동북아 지역 국가들을 하나로 연결

결 언

본 고에서는 국가간 계통연계의 세계적인 동향을 살펴보고, 동북아계통연계의 필요성과 현황 및 미래에 대하여 기본고찰을 하였다. 그리고, 현재 수행 중인 “동북아계통연계 기반구축연구(1)”의 기본개요를 언급하고, 본 특집에서 별도로 자세히 언급하는 기술성·경제성·시장성 분야를 제외한 나머지 국제협력과 계통연계 DB 분야에 대하여 간략히 기술하였다. 동북아 에너지협력권 특히 동북아계통연계의 실현과 관련하여 긍정적 인 요인과 더불어 다양한 장애요인이 존재하고 있다. 동북아계통연계는 높은 경제적 효율성을 가진 사업이지만 현실적으로 많은 정치적, 기술적 장애요인이 상존해 있는 장기적인 국제협력 사업의 성격을 지니고 있다. 우리

나라는 에너지의 대부분을 수입하고 있으며, 특히 대부분을 남방에너지에 의존하는 자원빈국이다. 따라서, (구)소련 붕괴에 따라서 90년대 이후 새롭게 펼쳐지는 북방에너지에 대한 접근이 대단히 중요한 사안이며, 특히 계통연계는 대북한 전력지원 문제도 결부되어 있다. 또한, 정치적으로 민감한 주변국가 모두가 결부되어 있는 국제협력 사안이므로 정부차원에서 장기적인 정책수립과 집행이 요구된다.

동북아계통연계와 더불어 남북한 전력협력은 대북한 전력지원을

통한 북한경제 회생과 통일비용 절감이라는 목적을 달성할 수 있는 중요한 정책사안으로 판단된다. 이러한 관점에서 북한전력지원이라는 단기관점과 동북아계통연계와 남북한 단일계통 운전이라는 장기 정책방향을 조화시킨 합리적인 정책수립과 집행이 요구된다. 이는 동북아 국가가 지니고 있는 상호 보완성을 적극 활용할 경우 참여국가 모두에게 이익이 되는 방향이기 때문이다. 결과적으로 장기적 관점에서 향후 전개될 것으로 예상되는 남북한 및 동북아 계통연계에 대비하기 위하여 관련국과의 전력분야 협력증진을 위한 토대구축과 더불어 동북아계통연계의 기술성, 경제성 및 시장성에 관한 상세한 검토결과 도출이 요구된다. 현재 국내에서는 이러한 필요성에 부응하여 학·연·산 관련 연구기관이 조합되어 동북아 계통연계 기반구축 연구(1)를 수행 중이며, 연구가 종료되는 2005년도에는 한국의 국익차원에서 합리적이고 종합적인 동북아계통연계의 추진방안(안)이 도출될 것으로 기대된다.