

동북아시아의 전력경제와 청정환경을 위한 천연가스파이프라인 및 전력계통연계의 추진

윤갑구*, 선우현범**
 *(주)에이스기술단, **피스네트웍

The Implementation of Natural Gas Pipeline and Power Systems Interconnection for Power Economy And Clean Environment in North-Eastern Asia Region

Kap-Koo Yoon*, Hyun-Bum Sunwoo**
 *ACE Engineering, Inc., **Peace-Network Korea, Inc.

Abstract - The ACE Engineering, Inc.(ACE) of Seoul, Korea and The Energy Systems Institute (SEI) of Irkutsk, Russia has extensively studied the formation of an interconnected electric power systems throughout the North Eastern Asia Region(NEAR). The region encompasses East Siberia(ESR), Far East of Russia(FER), North East China(NEC), Mongolia(MON), North Korea(NKOR), South Korea(SKOR). Although geographically adjacent to each other, these countries and territories have different levels and rates of economic development, possess different reserves of energy resources which complement each other and hence, can interact to their mutual benefits.

This Project is called Peace Network Project (PNP) because it seems to contribute for development of power economy and clean environment. In a word, the PEACE Network is expected to serve as "Power Economy And Clean Environment Network" and to promote the international cooperation, to expedite the peaceful reunification of North & South Korea and to revive the Korean culture in the North, and eventually contribute to the human prosperity.

1. 서 론

1.1 에너지와 환경 및 경제

(1) 러시아와 중국의 에너지 자원은 자국의 수요를 충족시키며 수출할 만큼 풍족하다.

Table 1-1. 주요 부존 에너지자원별 국가별 매장량

국가별	FSU	MON	China	NKOR	SKOR	Japan
석탄('94) (MT)	241,000	20,000	114,500	600	158	873
가스('95) (Tm ³)	56.0	-	59.0	-	-	0.04
석유('95) (Bbbl)	57.0	-	24.0	-	-	0.05
수력변증도 (%)	19.0	-	33.0	-	-	-

(2) 극동러시아에서 지속 가능한 에너지원으로 수력에너지는 연간 200TWh이고, 조력에너지는 투구스크(Tugusk)에 7GW(연간 16TWh), 펜진스크(Penzhinsk)에 80GW(연간 200TWh)의 건설이 가능하다.

Table 1-2. 러시아의 중대형 하천 수력자원

국가, 지역	East Siberia	Far East	Total	
이론적 포장수력	(TWh)	849	1,008	2,396
	(%)	35.4	42.2	100.0
개발가능 (MWh/km ²)	(TWh)	206	164	140
	(% of Russian)	661	684	1,670
기술적 개발가능	(% of gross)	39.6	41.0	100.0
	(TWh)	77.9	67.9	69.7
1992년 현재개발	(TWh)	91.8	10.8	168.4
	(%)	54.3	6.4	100.0
기술적 개발가능 대비 현재개발 비율(%)		14.9	1.6	10.0

(3) 중국은 많은 석탄을 보유하고 있으나 산업화된 지역이나 항구와 거리가 멀어서 개발하기 위해서는 큰 투자가 필요하다.

Table 1-3. 중국의 연료와 에너지 보유량

국가별	석탄자원 [10억t]	수력자원 (GW)	설비용량 (GW)	
			T/P	H/P
동북	14	12.0	25.4	6.2
화북	305	6.9	25.4	1.2
화동	31	17.9	27.7	3.8
화중+화남	18	67.4	37.1	8.7
서북	103	41.9	6.2	6.7
남서	53	232.3	9.3	6.3

- (4) 이들 국가의 경제와 몇몇 기술은 뒤쳐져 있다.
- (5) 일본과 한국은 그 반대다.
- (6) 그러므로 이 두 그룹 간의 상호보완적인 에너지 개발은 바람직하다고 할 수 있다.

Table 1-4 주요 경제지표(1997년)

단위: 면적[10³×km²], 인구[백만명], 소득[\$]

국가별	FSU	MON	China	NKOR	SKOR	Japan
국토면적	17,075	1,567	9,600	122	99	378
총인구	147.7	2.6	1,243.7	22.8	45.7	125.6
경지면적1hr당 인구수	0.1	0.5	9.3	4.8	3.0	1.7
2025년 추계인구	131.4	4.1	1,480.4	30.0	52.5	121.3
1995-2000년 평균 인구증가율	-0.3	2.1	0.9	1.6	0.9	0.2
1인당국민소득	2,340	350	580	*480('96)	10,160	40,800

1.2 에너지 소비량

(1) 1차 에너지 소비량은 FSU, China, Japan, SKOR, NKOR, MON 순으로 많다.

(2) 1인당소비량은 FSU, Japan, SKOR, NKOR, MON, China 순으로 많다.

(3) 천연가스 수요는 Japan, China, SKOR의 순으로 많다.

Table 1-5. 1차 에너지와 LNG 소비량

국가별	FSU	MON	China	NKOR	SKOR	Japan
소비량(년도)	943	7	833	45	149	490
(MTOE)	('95)		('95)	('91)	('95)	('95)
2010년 소비량 전망		4	1,055	55	206	541
(MTOE)		~7	~1,515	~76	~280	~644
1인당 소비량('97)	4.4	1.1	0.6	1.7	2.9	3.6
(TOE)						
2010년 LNG	Produc.('96)		80		37	83
수요예상 (Bcm)	21.2 (Tcf)		~120		~46	~136

1.3 에너지원별 발전설비 용량과 발전량

(1) 발전설비용량은 FSU, Japan, China, SKOR, NKOR, MON 순으로 크다.

(2) NKOR외에 화력발전소 T/P의 비중이 50%를 넘는다.

(3) 1인당 발전량은 Japan, FSU, SKOR, MON, NKOR, China 순으로 많다.

Table 1-6. 발전량

(1)내는 발전량 총계에 대한 구성비. 단위: GWh

국가별 (년도)	FSU ('90)	MON ('97)	China ('94)	NKOR ('94)	SKOR ('96)	Japan ('94)
H/P	233,000 (12)	-	166,800 (18)	13,830 (60)	5,201 (2)	69,969 (7)
T/P	1,493,000 (77)	2,619 (90)	747,100 (81)	9,300 (40)	124,661 (55)	511,127 (53)
N/P	212,000 (11)	-	13,900 (1)	-	73,924 (33)	268,164 (28)
공공설비계	1,938,000 (100)	2,619 (90)	927,800 (100)	23,130 (100)	203,786 (90)	849,260 (88)
자가설비 P/G	-	280 (10)	-	-	22,060 (10)	115,071 (12)
발전량 총계	1,938,000 (100)	2,899 (100)	927,800 (100)	23,130 (100)	225,846 (100)	964,331 (100)
1인당 발전량(Wh) (Year)	5,068 ('93)	1,222 ('97)	589 ('93)	1,008 ('94)	3,712 ('94)	7,257 ('93)

1.4 환경의 상호의존성

(1) SO₂ 침전물의 상호의존성

(2) 한국의 공기중 산화탄소의 함유량은 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)에 1997에 조사된 바로는 49개 국가 중 가장 높은 농도를 보였다.

Table 1-7. 동북아시아의 SO₂ 함유량 ('90)

(1)내는 백분율. 단위: 10³t

국가별	China	SKOR	Japan	NKOR	Volcano
China	6210(97.2)	4.4(0.07)	0.3(0.0)	27.8(0.44)	1.1(0.02)
SKOR	32(16.2)	158(79.8)	1.6(0.8)	3.5(1.8)	3.0(1.5)
Japan	43.8(11.3)	25.5(6.6)	187(48.2)	35.5(9.1)	127(32.7)
NKOR	61.9(33.6)	55.8(30.3)	0.2(0.0)	65.7(35.7)	0.1(0.0)
Sea	1,120(39.0)	253(8.8)	182(6.3)	4.9(0.2)	482(16.8)

2. 통합자원계획과 전력규제완화

2.1 공급관리(SSM)와 수요관리(DSM)

(1) 공급관리(Supply Side Management, SSM)

- 수요예측
- 최적형태의 전원원별 구성
- 적정용량 선정
- 전력계통연계

(2) 수요관리(Demand Side Management, DSM)

- 합리적인 전력수요의 조정
- 부하율 향상
- SSM 포함

Table 2-1. 수요관리목표 단위: MW

구분	1998	2000	2005	2010	2015
요금제도	191	270	514	1,121	1,360
수요개발 기기 보급	289	670	2,433	4,087	5,104
합계, ()내는 DSM 전수요에 대한 비율	480 (1.5)	940 (2.3)	2,947 (5.3)	5,208 (7.7)	6,464 (8.5)

2.2 수요관리의 통합자원계획

(1) 수요관리의 흐름

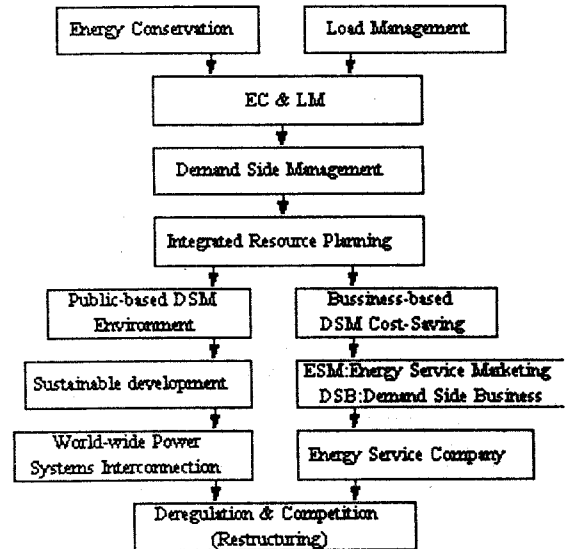


Fig. 2-1. DSM의 흐름도

(2) 통합자원계획

Table 2-2. 발전설비 건설 규모 단위: MW

	3rd Plan('95)	4th Plan('98)		
	('98~2010)	'98~2010	2011~2015	소계
원자력	1,660 (16%)	1,370 (14%)	490 (4%)	1,860 (18%)
석탄	1,110 (19%)	1,100 (20%)	350 (5%)	1,450 (25%)
국내탄	40 (2%)	60 (3%)	-	60 (3%)
석유	115 (4%)	261 (12%)	200 (4%)	461 (16%)
LNG	1,150 (30%)	722 (20%)	225 (5%)	947 (25%)
양수	270 (10%)	370 (12%)	-	370 (12%)
수력/기타	15 (5%)	11 (18%)	-	11 (18%)
합계	4,360 (86%)	3,894 (99%)	1,265 (18%)	5,159 (117%)

(3) 에너지절약전문기업의 성장

Table 2-3. ESCO 사업성장 현황

구분 \ 년도	'92	'94	'96	'98
업체수	3	6	7	26
투자건수(누계)	-	6	33	122
투자비(누계)(억원)	-	71	188	486

2.3 전력 규제완화

(1) 전력사업의 재구성

- 생산과 서비스의 개별 판매
- 경쟁에 의한 에너지 시장
- 독립계통운영자(Independent System Operator, ISO)

(2) 개방시장

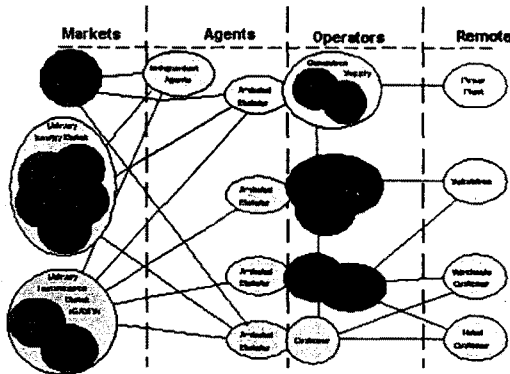


Fig. 2-2. 개방시장

3. 동북아시아의 PNG 사업

3.1 동북아시아의 천연가스 수요 전망

동북아시아로의 PNG(Pipeline Natural Gas) 도입은 기존의 LNG 공급일변도에서 탈피하여 역내 소비자에게 보다 낮은 가격으로 천연가스를 공급할 수 있다는 장점 이외에 천연가스 공급원을 다변화함으로써 공급측면에서의 안정성을 증진시킬 수 있다는 잇점을 가지고 있다.

이러한 요인에 의하여 아·태지역의 전반적인 경제적 어려움과 많은 이행상의 문제점에도 불구하고 동북아시아로 러시아 동부지역의 PNG를 도입하는 문제는 프로젝트를 추진여부를 결정하는 단계를 넘어 어느시기에 어느 프로젝트를 통하여 어느 정도의 가스가 도입될 것인가의 문제라 할 수 있다.

Table 3-1. 동북아 3국의 천연가스 수요 전망, 단위: Bcm

연도	1997	2000	2010	
중국	저수요	19.3	30	80
	고수요		40	120
일본	저수요	65.1	76	83
	고수요		101	136
한국	저수요	16.4	23	37
	고수요		29	46
합계	100.8	129-170	200-302	

자료: 1) BP statistical review of the world energy, 1998. 2) 제 3회 동북아 PNG 국제회의의 발표자료

1997년 동북아 PNG 프로젝트의 추진과 가장밀접하게 관련된 한국, 중국, 일본의 전체 천연가스 소비량은 약 100.8bcm에 달하였으며, 2010년경의 예상수요는 1997년 수요의 2-3배에 달하는 200-302bcm으로 급격히 증가할 것으로 예상되고 있다. 한편 2010년 국별 수요는 일본이 83-136bcm, 중국이 80-120bcm, 그리고 한국의 수요가 37-46bcm에 달할 것으로 예측되고 있다.

3.2 동북아 천연가스 프로젝트의 추진방안

이제까지 살펴본바와 같이 동북아시아에는 러시아 동부지역의 막대한 규모의 천연가스 매장량이 잠재해 있을뿐만 아니라 인근지역에 한국, 중국, 일본을 비롯한 대규모 시장이 존재하는 등 추진여건은 충분하지만 정치·경제적 여건 등 여러가지 요인 때문에 현재까지 본격적인 개발이 이루어지지 못하고 있다. 먼저 동북아 PNG 프로젝트가 원활하게 추진되기 위해서는 우선적으로 러시아에서의 천연가스 개발과 한국, 일본, 중국 등 다국간 파이프라인의 건설과 관련한 투자자의 보호, 에너지 교역 및 수출의 자유화, 분쟁해결 등 에너지 부문에 대한 안정적인 투자환경 조성이 시급한 실정이다.

이러한 환경의 조성을 위해서는 관련국간 긴밀한 협력이 필요지만, 동북아시아에서의 천연가스는 역내 국가간 협력을 이끌어 내는 에너지인 동시에 경쟁의 대상이 되는 에너지일 수도 있다. 천연가스를 둘러싼 역내 관련국간의 이러한 기본적 구도하에서 파이프라인 천연가스의 원활한 추진을 위하여 동북아 에너지 협력체 구상이 제기되고 있다.

따라서 이러한 혼란을 경감시키기 위해서는 사전에 참여국간 정보교류를 활성화하여 각국의 이해관계에 대한 정보를 파악하고 상호이해를 증진시킬 필요가 있다.

4. 평화망 사업

4.1 전력연계방안

- 1단계 : NKOR과 SKOR을 AC로 연계
- 2단계 : FER, NEC, SKOR을 HVDC로 연계
- 3단계 : FER, NEC, SKOR, Japan, FER을 HVDC 루프 네트워크로 연계

그림4-1은 1996년에 제안된 평화망을 나타낸다.

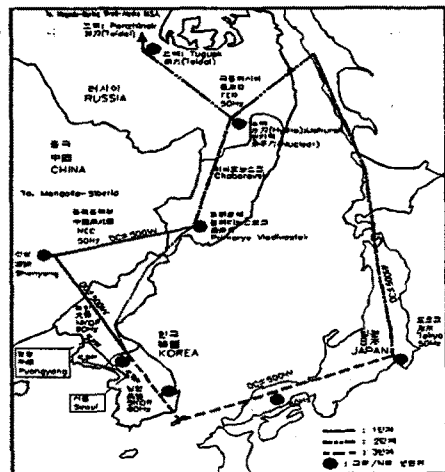


Fig.4-1. Peace Network Project

4.2 평화망 사업의 타당성 검토

(1) 가스파이프와 전기송전의 비교
- 대안적인 방안

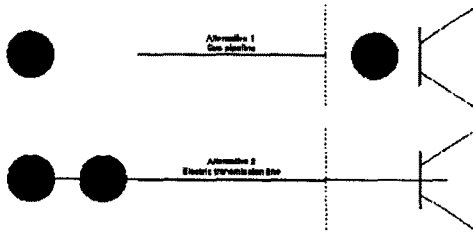


Fig. 4-2. 원거리 가스 원에서 시장까지의 에너지 전달

(2) 가스 파이프라인과 HVDC 송전의 가격비교
600km 길이의 송전을 가정할 때 가스 파이프라인과 HVDC 송전을 비교하면 전기송전이 매우 유리하다.

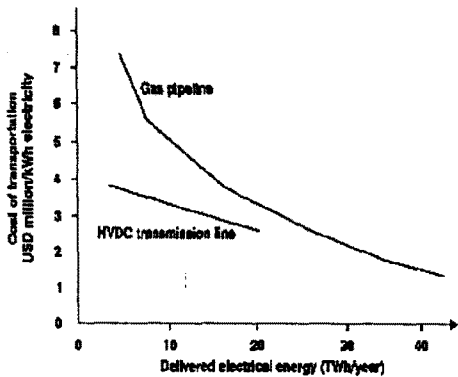
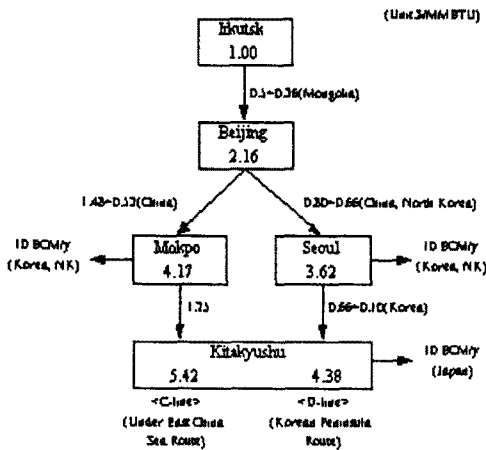


Fig.4-3. 가스 파이프라인과 HVDC 송전의 가격비교

(3) 가스 요금의 대략적인 추정



Note: * 'figures include "border royalty" payable to passing through countries.

Fig. 4-4. 가스 요금의 대략적인 추정의 결과

(4) AC 송전과 DC 송전의 비교

같은 송전용량을 놓고 비교할 때 DC송전선이 AC송전선에 비해 경제적이거나 변전소에 대해서는 AC를 DC로 또는 그 반대로 바꾸어야 하므로 AC송전이 경제적이다.

그러나 일정 거리 이상(Break-even distance)에 대해서는 DC송전이 경제적인 대안이다.

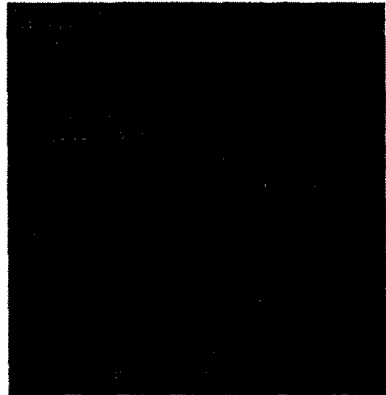


Fig.4-5. 가공송전선의 투자비와 거리

(5) 경제성 검토

Table 4-1. IST와 P.N/P의 경제성 검토 단위:백만\$

국가	PN(T/L+S/S) & P.N/P	투자비	연간지출	대응하는 용량	투자비	연간지출
FER	T/L 300km	153	5.0	Saved T/P 500MW	600	115
	S/S 1,500MW	150	15.0			
	N/P 1,300MW	2,635	470.0			
NEC	T/L 950km	486	15.8	Saved T/P 3,400MW Loaded T/P	4,080	535
	S/S 3,000MW	300	30.0			
NKOR	T/L 450km	230	7.5	-	-	-
SKOR	T/L 100km	51	1.7	Saved T/P 2,700MW Loaded T/P	4,320	565
	S/S 3,000MW	300	30.0			
Total	T/L 1,800km	920	30.0	Saved T/P 6,600MW Loaded T/P	9,000	1,215
	S/S 7,500MW	750	75.0			
	N/P 1,300MW	2,635	470.0			
Total		4,305	575.0	Total	9,000	1,115

(6) 환경적 영향

T/P에서 화석연료는 350gce/kWh를 소비하고 석탄 1tce당 탄소 함유량은 0.67t 정도이다.

Table 4-2. IST와 P.N/P의 환경적 영향 단위:M.Tce/y

	Russia	China	S.Korea	Total
연료의 영향	0.7	1.3	0.6	2.6
탄소화산의 감소	0.45	0.85	0.4	1.7
CO ₂ 확산의 감소	1.65	3.1	1.45	6.2

5. 결 론

NEAR 국가에서는 상호보상적 에너지 개발이 필요하다. 화석연료는 비싼 편이고, 원자력 발전이 경제적이다. FER에서 가능한 수력에너지(연간 약 200TWh)와 조력에너지 자원(Tugusk의 약 7GW, 16TWh와 Penzhinsk의 약 80GW, 200TWh)의 활용이 관심을 끌고 있다. 아울러 러시아 동부지역에 막대한 규모의 천연가스매장량이 잠재해 있고, SKOR, China, Japan을 비롯한 대규모 시장이 있어서 PNG프로젝트 추진을 필요로 한다. 이 지역에서 지속가능한 에너지 자원의 사용은 전력계통연계 가능성을 높게 한다.

위와같은 실정을 고려해서 FSU에 친환경적이고 지속가능한 전원을 개발하고, FER-NEC-NKOR-SKOR-Japan의 전력계통을 연계하는 평화망사업 PEACE

Network Project은 기술적으로 가능하고, 경제성이 충분하며, 환경개선효과가 기대되므로 적극적 추진이 요망된다.

평화망사업은 합리적 IRP와 SSM을 도모하는 것이고, 전력사업규제완화와 경쟁체제를 촉진하며 DSM 효과를 증대시킨다. FER에 한국형 경수로 LWR 수출로 경제성 제고와 원자력 산업 발전을 촉진할 수 있다.

이 사업을 국제사업으로 추진할 주체의 설립과 동북아시아 역전력계통연계연합회 NEAR-PIA(North Eastern Asia Region-Power systems Interconnection Association) 와 평화망국제연합 PIA(Peace-network International Association)의 구성을 제안한다.

PNP는 장차 전력경제의 한계를 넘어서 모든 능력경제와 청정환경망이 될 것이고, IMF지원체제 하에서 제2의 건국을 위하여 민주주의와 시장경제의 병행발전을 목표로 하는 한국에서는 21세기의 꿈이 될 것이다. 아울러 경제 위기에 처한 NEAR이 북미와 유럽의 경제 블록화에 대처하기 위한 방안으로서 새로운 천년의 꿈(Dreaming the Millennium) 이라고 본다.

(참 고 문 헌)

- [1] Lev S. Belyaev, Efficiency of Interstate Electric Ties in North East Asia and North America, International Symposium for Protection of Global Environment, The Korea Professional Engineers Association, 1997. 7. 18
- [2] Kap-Koo Yoon, Power Systems Interconnection and Electricity Deregulation for Environmental Protection and Revitalization of Economics, 1998 Power System Society Spring Meeting, The Korean Institute of Electrical Engineers, 1998. 5. 29-30
- [3] Kap-Koo Yoon, Interconnection and Security Enhancement of Power Systems in North-Eastern Asia Region related to the TRADP, the 25th Korean and Japanese P.E. Sympium, November 13-16, 1996
- [4] World-Population, UNFPA, May, 1997.
- [5] 1998년도관 경영통계, 한국전력공사, 1998. 4. 20
- [6] Seung-Chul Yoo, Kap-Koo Yoon, Demand Side Management Technologies Based On Energy Environment and Economical Efficiency, 제9회 에너지절약기술위샹, 한국에너지기술연구소, 1994. 11.3~5
- [7] 김정인, 북한의 에너지수요전망과 남북한 에너지협력, 포스코 경영연구소, 1998
- [8] Journal of World Electric Power Information, Korea Electric Power Corporation, 1998. 5.
- [9] DSM 현황 및 향후 추진방안, 한국전력공사, 1998. 4. 20
- [10] 일본의 에너지 효율향상사업(ESCO)과 그 가능성, 해외 전력정보, 한국전력공사, 1998. 7.
- [11] 제4차 장기전력수급계획 (1998~2015) 산업자원부 전력정책과, 1998. 8
- [12] 대통령인수위보고, 한국전력공사, 1998. 1. 9
- [13] S. V. Podkovaalnikov, Estimation of Effects of "Russia-China-South Korea" Interstate Electric Tie, International Symposium for Protection of Global Environment, The Korea Professional Engineers Association, 1997. 7. 18
- [14] Keum Soo Lee, Kap-Koo Yoon, Security Enhancement and Power systems Interconnection in North-Eastern Asia Region for Protection of Global Environment, International Symposium for Protection of Global Environment, The Korea Professional Engineers Association, 1997. 7. 18
- [15] Lev S. Belyaev, Gennadi F. Kovalev, Ludmila M. Levedeva, Sergei V. Podkovaalnikov, Ties in North-Eastern Asia, Perspectives in Energy, 1994-1995, volume 3, pages 321-330
- [16] The Potential of on Electrical Interconnection Between Russia and North America, GENI, January 15-17, 1992
- [17] Chung-Il Nahm, The Background and Plans for Setting Up "A framework for Interstate Electric Ties in the North-East Asia Region (NEAR)", Special Session in IEEE '98, July 23, 1998
- [18] Park, D.W. Hwang, C.U., Yun, J.Y., Moo, Y.H., Prospects For The Interconnection Of The Power Systems Between South And North Korea, International Symposium for Protection of Global Environment, The Korea Professional Engineers Association, 1997. 7. 18
- [19] 김대중, 동북아광역전력계통연계(대통령출마자선거공약), 에너지경제신문, 1997.11.24
- [20] 장영식, 남북간전력협력사업, '북한에 남는 전력 공급하겠다.', 조선일보, 98. 6.9, 동아일보 98. 5.26, 문화일보 98. 5.22, 한국경제신문 98. 5.22, 문화일보 98. 5.21, 경향신문 98. 5.21
- [21] 이종찬, 한전전력공급 남북화해 도움될 것, 한국일보 98. 6.8
- [22] 유부용, 한반도 전원설비의 이상적 모형연구, 한국전력공사, 1987.
- [23] 김상규, 전력공급이 북한경제에 미치는 영향, 포스코 경영연구소, 1998
- [24] Fumio Arakawa, Masakazu Kato, The Silk Road Model for the Study on A Framework for Interstate Electric Ties in NEAR, Special Session in ICEE '98, July 23, 1998
- [25] N. I. Voropai, Development of Electric Utility Industry in the East of Russia and Direction in Formation of Interstate Energy Interconnection in Eastern Asia, International Symposium for Protection of Global Environment, The Korea Professional Engineers Association, 1997.7.18
- [26] G. Liputnikov, Problems and perspectives of international cooperation in development of power engineering of Far East, Korea Electric Power Corporation, 1998. 7.20
- [27] Chong-Hun Rieh, Kap-Koo Yoon, L. S. Belyaev, 연해주 원자력발전소의 한국형 채택제안, To, Vladimir Stepanovich Rudj Vice-Governor PRIMORSKY TERRITORY Gennady Anatolievich Lipatnikov Ministry for Atomic Energy of Russia Federation Management of Primorskaya AES, 1997.8
- [28] Jong-Keun Park, Interconnection of Power System in North-Eastern Asia, School of Electrical Engineering, Seoul National University, 1998
- [29] The Second International Conference on Northeast Asian Natural Gas Pipeline, Beijing September 22-24, 1996
- [30] Kap Koo, Yoon and Andrew I. Kang, Integrated Resource Planning and Demand Side Management Related to the Reunification of Korea and Cooperation in the North Eastern Asia Region
- [31] Chung-Il Nahm, Hyun-Bum Sunwoo, Andrew I. K. Kang and Kap-Koo Yoon, Implementation Methods of Natural Gas Pipeline and Power Systems Interconnection in North-Eastern Asia Region
- [32] Manitoba HVDC Research Center, SEI, and ACE, The International Task force of Peace network, 1 September, 1998
- [33] Address by President Kim Dae-jung of the Republic of Korea at a Dinner hosted by the Governor of the Prefecture of Osaka, the Mayor of the City of Osaka and Major Economic Organization in the Kansai Region, October 9, 1998