

<동북아전력망 연계현황 및 각국의 대응>

-북-러, 중-러, 러-북-한 연계, 러시아 전력산업 투자진출-

2006. 4. 27.

한국전기연구원

<목 차>

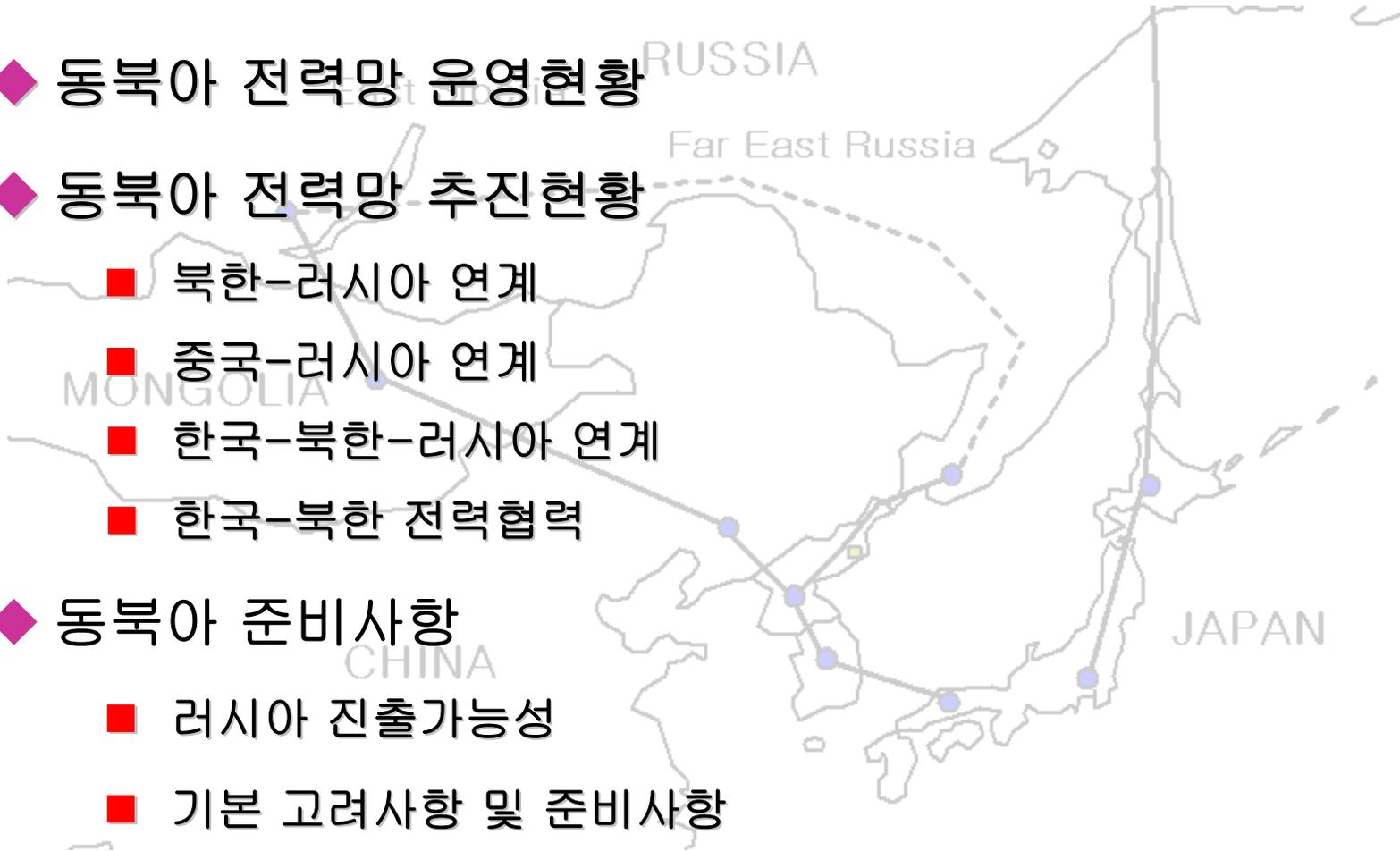
◆ 동북아 전력망 운영현황

◆ 동북아 전력망 추진현황

- 북한-러시아 연계
- 중국-러시아 연계
- 한국-북한-러시아 연계
- 한국-북한 전력협력

◆ 동북아 준비사항

- 러시아 진출가능성
- 기본 고려사항 및 준비사항



<서론>

◆ 동북아 전력협력 이란

“동북아 6개국 (남북한, 일본, 러시아, 중국, 몽고)간의 상호 공동이익 창출을 위한

- 전력계통 연계

- 전원 공동개발 및 공동 활용

- 발전연료 공유 (에너지자원 공동활용)

- 송배전설비협력 (설비 및 유지보수 지원)

... 등과 같은 국가간의 전력분야 협력을 통칭함”

<세계각국 전력계통 연계유형>

◆ 국가간 계통연계 유형 (계통연계 목적 및 활용성 측면)

■ (유형-1) 소극적 계통연계 : 계통 효율성 제고

- 전력과부족이 없는 지역의 효율성 제고차원
- 발전원가 절감, 계통신뢰도 향상 목적
- 북미지역 및 서유럽지역
- (예) 영국↔프랑스 2000MW HVDC 연계

■ (유형-2) 적극적 연계 : 자원개발 및 전원투자비 절감

- 후진국의 화력 및 재생 에너지 개발 및 선진국 공급
- 전원 입지 난 회피와 전원 투자비 절감가능
- (예) 브라질 ↔ 파라과이 ITAIPU HVDC 6300MW
노르웨이 북부 가스전 개발사업

→ 동북아연계망은 (유형-2)에 해당

<동북아 계통연계 각국별 입장>

◆ 동북아 각국별 계통연계 입장

■ 한국 및 북한

- 북한의 전력 난 해소 및 남북한 전력분야 협력과 병행 시행
- 상대적으로 적극적이며 가능할 것으로 예상

■ 러시아

- 가장 적극적 ⇔ 에너지자원 풍부(원자력/수력/조력/석탄 ...)
- 국가 개발전략의 일환

■ 중국

- 전력부족으로 러시아와의 계통연계에 적극적
- 한국과의 전력협력에는 소극적

<동북아 계통연계 각국별 입장>

◆ 동북아 각국별 계통연계 입장 (계속)

■ 일 본

- 전력사업자 소극적, 기업 적극적 입장
- 전기요금 높으며, 전력수요 포화
- 수익성 판단여부에 따라서 적극성 가능성 내포

■ 몽 고

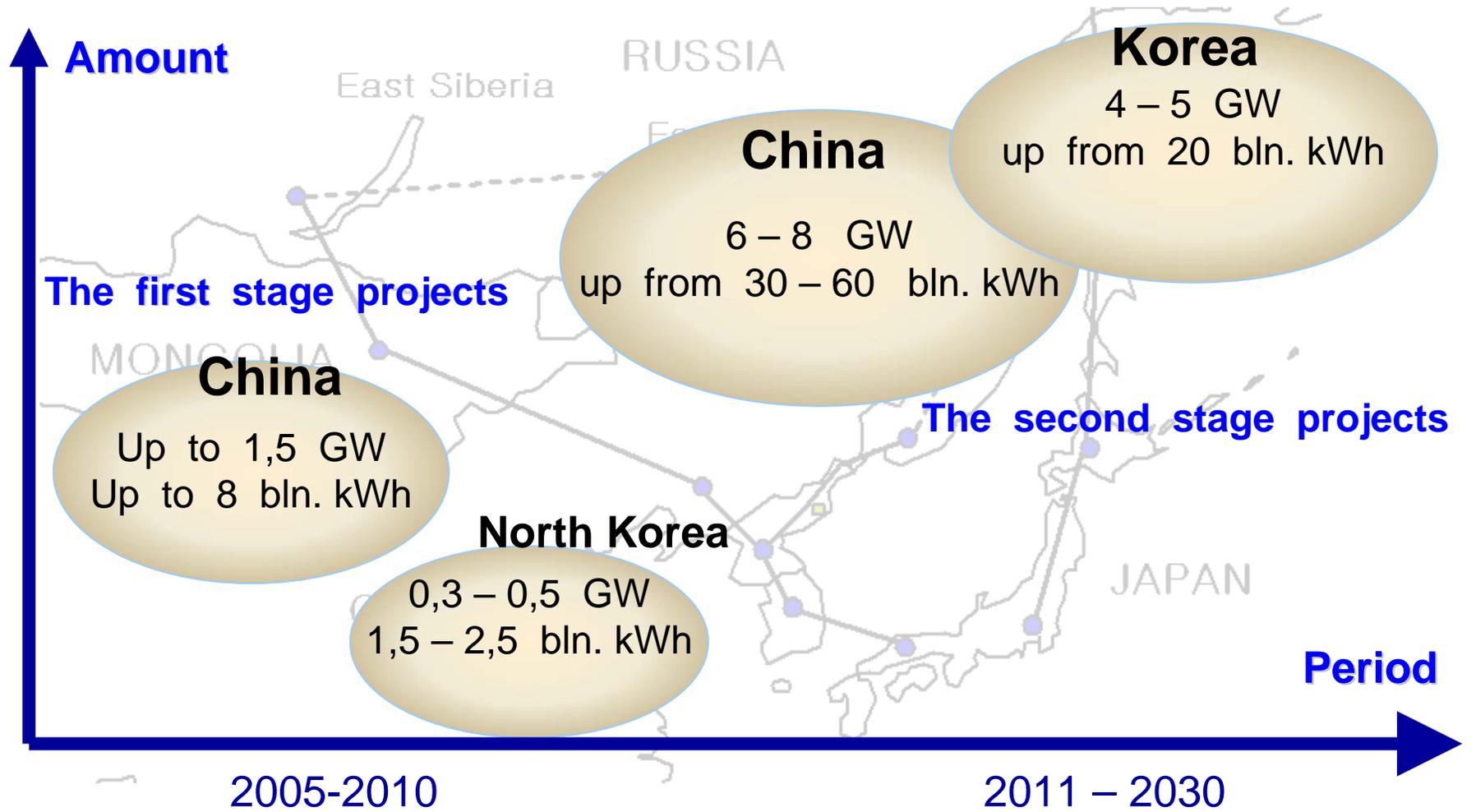
- 국가 경제발전 차원에서 화력자원 개발 서두름
 ⇔ 현재 러시아와 미미한 수준의 계통연계 시행 중
- 전체 수요가 미약하므로 영향력은 거의 없음

<동북아전력망 예상루트>



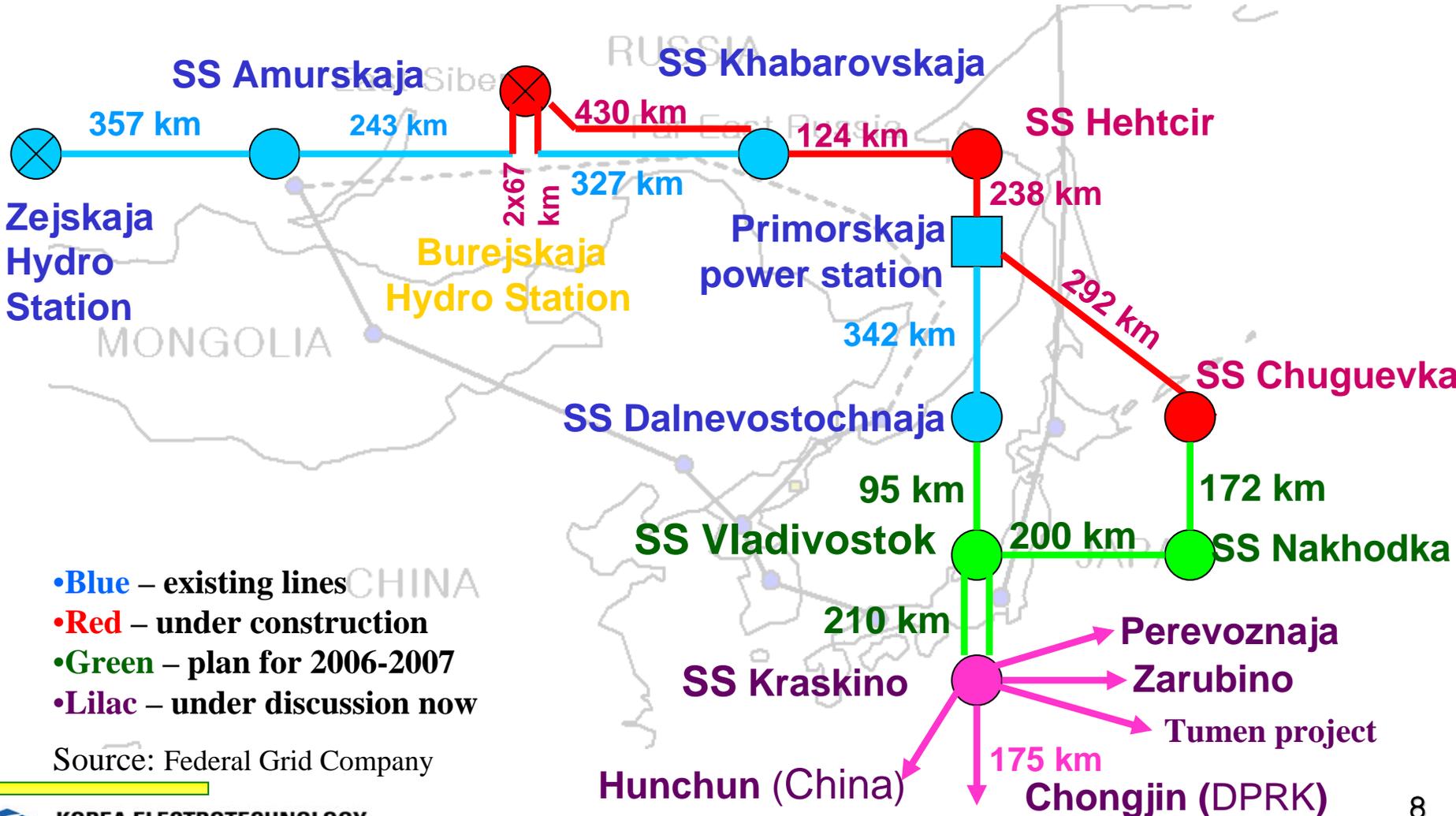


<극동러시아 전력수출 전망(러시아견해)>





<러시아 500kV 송전망 보강 : 국내수요/전력수출용>



Source: Federal Grid Company

<동북아 계통연계 현황>

- ◆ 국가간 계통연계를 통한 대용량 전력유통 없음
- ◆ 기존 국가간 연계선로 → 소규모 전력유통 (수억kWh/년 이하)
 - 시베리아 - 중부몽고 간 weak 220kV 연계선로
 - 극동러시아 - 동북중국 간 weak 110kV and 220kV 연계선로
 - 동시베리아 - 서북중국 간 110kV 2회선 공급, 1회선 90MW, 나머지 회선 40MW, 연간 5억kWh 공급
 - : 단가는 매년 계약, 05년도는 2.5 ¢ /kW로 공급
 - 중국 - 북한 합자수력 발전소 운영
 - 수풍, 태평만, 위원, 운봉 4개 발전소 1,780MW 공동 운영
 - 계통연계는 아님 (50/60Hz 발전기 분리운전)
 - 전력생산량 50%씩 배분 → 매년 여건에 따라 협의 후 변경

<동북아 계통연계 : 논의현황>

◆ 러시아-중국 계통연계

■ 90년대 중반 실질적인 검토수행

- 중국 북경 청화대학, 상해 교통대학, 미국 PTI 공동검토
- 중국측 잉여전력 발생과 전력유통요금 견해 차이로 무산

■ 05년 중-러 정상회담 이후 실질적인 논의

- 실행가능성 높음 (러시아의 수출의지와 중국의 전력부족 사태)

◆ 러시아-북한간 계통연계

■ 블라디보스톡 - 청진간 500MW, 375km 계통연계

■ 초기 북한계통 분리 후 AC 50Hz, 220kV 운전

- 러시아계통 500kV 선로 건설 이후 500kV 운전
- 장기적으로는 동북아 계통연계의 일환으로 DC 계통이 바람직

■ 재원조달 문제로 난관에 봉착

<동북아 계통연계 : 논의현황>

◆ 한국-북한 계통연계 논의

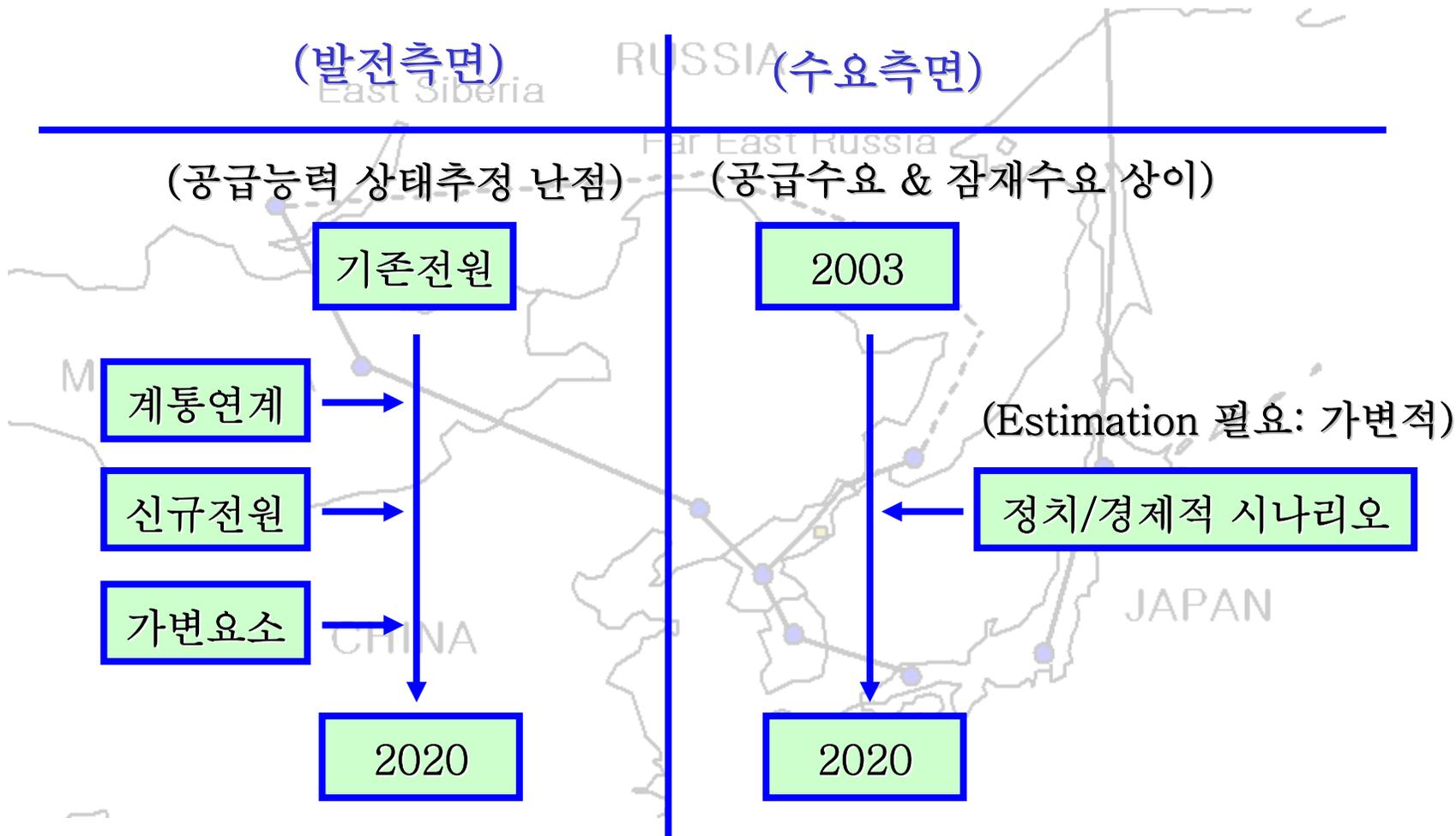
■ 대북한 전력지원 문제

- 2000년 남북정상회담 이후 제2차 남북장관급회담에서 단기 500MW, 장기 2000MW 전력지원 요청
- 대북중대제안 발표 → 북한 핵문제/6자회담 결부

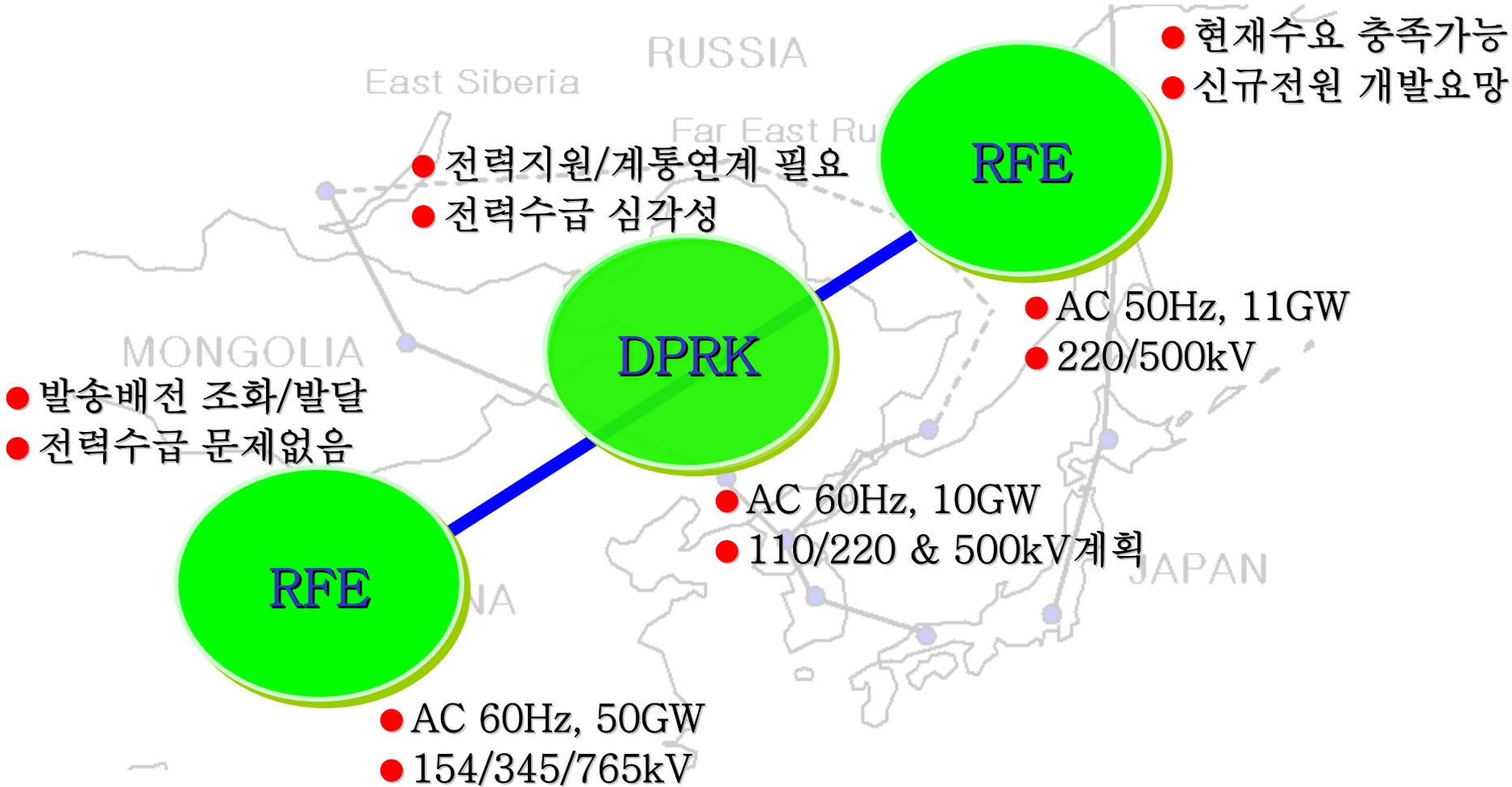
■ 장단기 남북한전력협력정책 조화 필요성

- 개성공단 전력공급, 남북한 단일계통 운전, 동북아 계통연계
- 융통규모 및 정책방안에 따라 연계전압 선정 :
 - AC 연계 : 154kV, 345kV, 500kV, 765kV
 - DC 연계 : HVDC, BTB, 500kV

<북한관련 정치적/기술적 불확실성>



<러시아-북한-남한 연계 시나리오>



<북한-러시아 송전망 계획>

- ◆ “블라디보스톡-청진” 375km, 교류연계
- ◆ 청진지역을 북한계통에서 분리한 후 러시아계통 편입
- ◆ 재원조달 문제로 난관에 봉착 → 실제 공사비 규모는 의문(?)
- ◆ 송전망 개요 (러시아자료)

송전전력량 (억 kWh)	15~25
송전전력(만kW)	30~50
주파수 (Hz)	50
전압 (kV)	220/500
연계선로 러시아영내길이(km)	250
연계선로 북한영내길이 (km)	130
건설비용 (백만\$)	160~180
건설기간(년)	3~4
투자비 회수기간(년)	8~10

<중-러 전력협력>

◆ (05년 6월 중-러 정상회담)

- (중-러시아 공동성명) 전력분야에서 러시아에서 중국으로의 대규모 전력수출 추진하도록 노력할 것을 강조함.
- 정치, 외교, 에너지, 금융 등 15개 협정 조인식 참석
- (중국 석유 천연가스집단공사와 러시아 석유공사간 중-러 합자기업 설립을 통한 석유협력 강화 협정), (중국 석유천연가스 집단공사와 러시아 파이프라인 회사간 협력협정), (중국 국가전망공사와 러시아 UES간 전력교역 확대 타당성연구 협정), (중국석유천연가스 집단공사와 러시아 천연가스회사간 러시아 천연가스의 중국공급에 관한 비망록)등이 포함
- 國家電網公司/RAO-UES는 《장기협력협의협정》체결을 통해 전력 수출입에 가일층 노력 전망예정

<중-러 전력협력>

◆ (05년 6월 중-러 정상회담)

■ 러시아 발전소 건설 및 중국 심양 전력공급 타당성 검토 합의

: Dalnevostochnaya (원자력 300만)

: Tugurskaya(조력 600만)

: Uchurskaya(수력 370만)

: Uldzhekskaya(수력 130만)



<중-러 전력협력>

◆ (06년 3월 중-러 정상회담)

- 에너지 관련 양국간 협력 공고화
- 양국 정상 배석하여 國家電網公司/RAO-UES는 《중-러 전력교역 확대 타당성연구 협정》 체결 → 3단계로 전력무역 강화 합의
- (1단계) 국경 Back-to-back 변환소 건설, 극동러시아 → 흑룡강省 송전, 용량 60-72만kW, 송전량 36억-43억kWh/년
- (2단계) 2010년부터 ±500kV 직류송전, 극동러시아 → (遼寧)省 송전, 송전용량 300만kW, 송전량 165-180억kWh/년
- (3단계) 2015년부터 ±800kV 직류송전, 극동러시아 or 시베리아 → 東北 or 華北 지역 송전, 송전용량 640만kW, 380억kWh/년

<남-북-러 계통연계(안)>

◆ 기본연계 형태

- 남-북-러 3단자 PTP 방식 HVDC 연계가 가장 이상적인 방안임.
- 변환소는 블라디보스톡, 평양, 서울 부근에 각 설치함.
- BTB 연계방식은 북한 내부계통을 고려할 때 현실적으로 가능성 낮음.

◆ 연계방식

- DC ± 500 kV, Multi-Terminal HVDC 시스템.
- CSC-HVDC 시스템 보다는 VSC-HVDC 시스템 적용이 운영측면에서 유리.
- 북한-청진 선로에 따라 가변적이거나 기본적으로 Two-Bipole 연계선로 적절.

◆ 연계용량

- 계통제약, 신뢰도 분석 및 연계비용을 고려할 때, 3GW~4GW 수준이 적절.
- 연계선로 건설비용을 고려 할 때, 최소 2017년 전력수요 68,737MW 대비 5% 내외 수준 (에너지 안보관점 만족).

<남-북-러 계통연계 기본분석결과>

항목		기술성	경제성	시장성	비고
남/북/러 융통가능 전력(GW)	최소	3GW (러시아 수출전력 기준)	1.87(북-러)	-	(기본) 양방향 계절별 전력융통 (기술성) 러시아 전력수입 기준 (경제성) 단일시장 가정 (시장성) 상시 구매/판매 가정
	최대	4GW (남한 수입전력 기준)	5.0~7.0(남-북)	4GW	
융통전력량(TWh)		15.77TWh/년 3GW, 이용율 60% 기준	16.99TWh/년(남-북) 모형분석 최적결과	최대 21TWh/년 4GW, 이용율 60% 기준	
융통모형		양방향 전력융통 전제, 러시아 수입가능전력 산정	단일시장에서의 양방향 최적융통용량 산정	계약시장에서의 전력 수출입(기저/첨두/비상급전)	
시나리오		(최적 시나리오) PTP 3단자 직류연계망(블라디-평양-서울) 국경에서의 BTB 연계시나리오는 북한 내부계통 상황상 현실적으로 불가능 판단			
특이사항		신뢰도 측면에서는 3GW가 합리적	최적모형이므로 현실적 인 용량환산이 필요	북핵 문제 등 북한참여에 대 한 정치적 해결 필수	
시사점/결론		<ul style="list-style-type: none"> ○ 기술/경제/시장적 관점에서 남-북-러 3GW 이상 연계용량이 합리적, 에너지안보관점을 배제하면 4GW도 가능 ○ 계약시장에서의 양방향 전력융통 가능(기저/첨두/비상시 전력융통+계절별 전력융통) 국내 전력도입가격은 50~60원/kWh 이하가 바람직 ○ 주요변수: (기술적요인) 각국별 전원수급계획, 북한내부 계통상황, HVDC 기술발전/표준 추이 (경제적요인) 러시아측 수출단가/국가별 전기요금차이, 선로이용율, 탄소세 (시정적요인) 북핵 등 정치적요소, 법/제도 정비, 재원조달, 구조개편 여부, 북-러 연계망 실현여부 			

<동북아 계통연계 고려사항>

◆ 동북아 전력협력 기술적 관점

■ 주파수, 전압계급, 시장운영 및 계통운영 체계 상이

- 각 국가별 신뢰도 기준 상이
- UCTE Primary/Secondary Control

■ 주파수 상이 & 장거리선로 ⇒ HVDC 기술적용 필요

- VSC(Voltage Source Converter) 신기술 적용 예상

◆ 동북아 전력협력 경제성 & 시장성 관점

■ 보완적 협력특성 보유

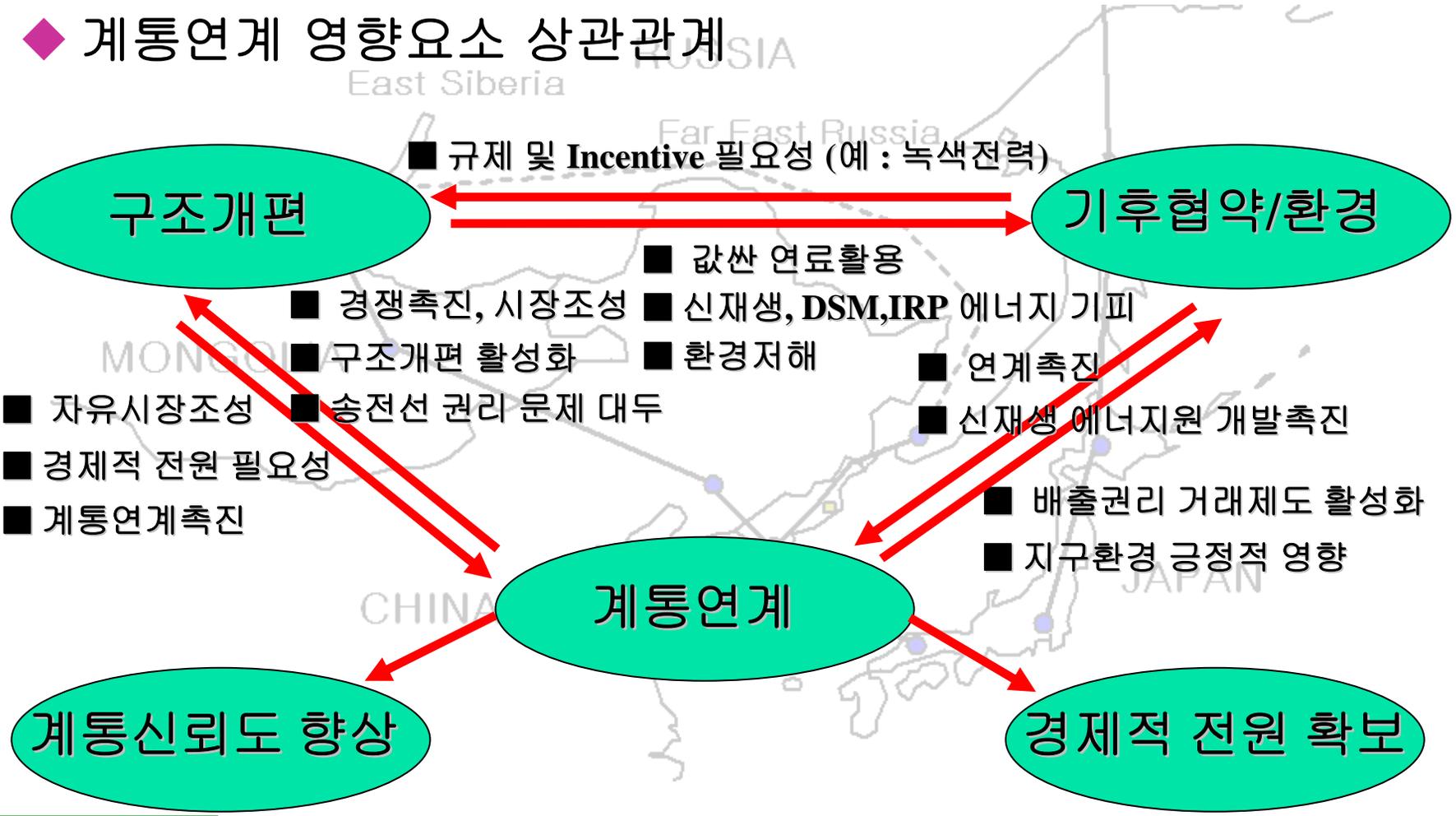
시장규모, 수요성장성, 에너지자원, 부하곡선, 전기요금 차이 ...

■ 세계 여타 지역보다 경제적 효용성 높음 (예:유럽, 북미)

■ 전력협력을 위한 시장체제 조성 전무

<계통연계 상호 영향요소>

◆ 계통연계 영향요소 상관관계



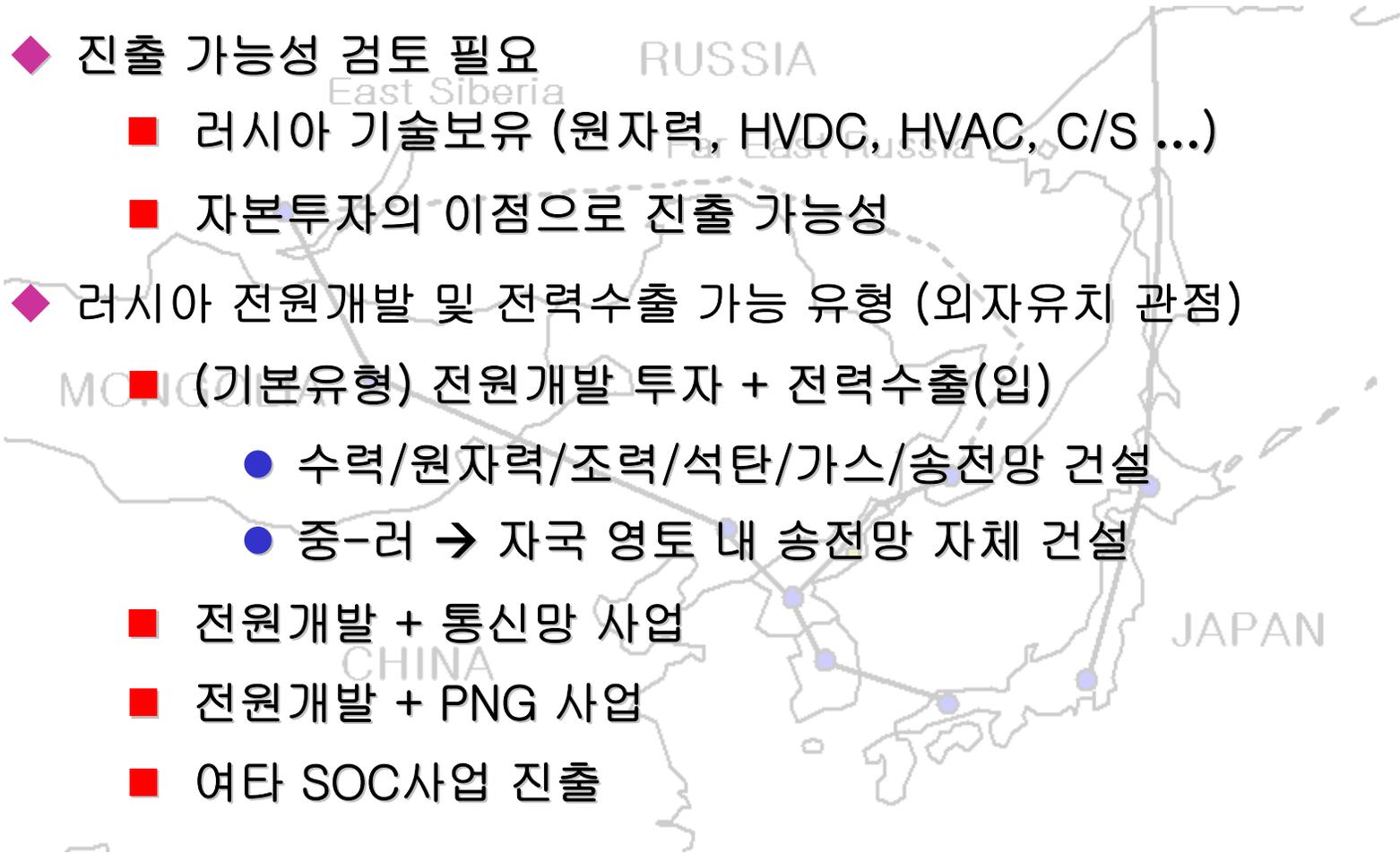
<동북아 계통연계 타당성 검토사항>

◆ 7가지 타당성 (7 Feasibility) 검토요망

- 시장관점 타당성 (Market feasibility)
- 기술적 타당성 (Technical feasibility)
- 경제적 타당성 (Economic feasibility)
- 재원조달 타당성 (Financing feasibility)
- 환경관점 타당성 (Environmental feasibility)
- 정치적관점 타당성 (Political or other factor feasibility)
- 기타 관점 타당성 (Other factor feasibility)

<러시아 전력산업 진출 가능성>

- ◆ 진출 가능성 검토 필요
 - 러시아 기술보유 (원자력, HVDC, HVAC, C/S ...)
 - 자본투자의 이점으로 진출 가능성
- ◆ 러시아 전원개발 및 전력수출 가능 유형 (외자유치 관점)
 - (기본유형) 전원개발 투자 + 전력수출(입)
 - 수력/원자력/조력/석탄/가스/송전망 건설
 - 중-러 → 자국 영토 내 송전망 자체 건설
 - 전원개발 + 통신망 사업
 - 전원개발 + PNG 사업
 - 여타 SOC사업 진출



<동북아연계 단계별 준비사항>

- ◆ 정책 개발 및 조정 단계 - 정부주도
 - 제1단계 : 향후 북한참여에 대비한 시스템 구축
 - 6자 회담 합의문에 따른 정책조정 필요
- ◆ 법적/제도적 기본구도 형성 - 정부주도/민간참여
 - 제2단계 : 동북아에너지현장 채택, 계통연계인력양성사업 실행
 - 북한과의 정치적 문제 해결 선행
- ◆ 사업 추진 및 투자 유인 - 민간주도/정부지원
 - 제3단계 : NEAREST를 공식 프로젝트로 채택
 - 북한의 경우 정부차원의 보증이 필수적
 - 재원조달을 전담할 전문기관 고용 및 국내외 투자자 유인