

# 캐나다의 原子力開發 成果와 韓國과의 原子力協力

本稿는 지난 12月13日 開催된 美國原子力學會(ANS) 韓國支部 제36차 월례기술토론회에서 「Canada's Commitment to Nuclear Power and to Nuclear Cooperation with Korea」라는 제목으로 특별강연한 內容이다.



W. B. Schumacher  
〈駐韓 캐나다大使〉

미국원자력학회 한국지부 회장 그리고 회원 여러분,

오늘 아침에 이곳에서 강연하게 된 것을 큰 기쁨으로 생각합니다. 여러분께서는 오늘 하루 대단히 바쁜 일과를 앞두고 있기 때문에 에너지 문제에 대한 본인의 연설을 짧게 하는 것이 좋을 것이라고 생각합니다.

최대수요를 충족할 수 있는 에너지를 준비하는 것은 개인에게 뿐만 아니라 사회적으로도 막대한 과업이며, 특히 힘차고 급속한 성장을 이루고 있는 한국과 같은 사회에서는 에너지문제는 특별히 도전적인 일입니다.

캐나다 역시 같은 급속한 발전을 이루고 있는 국가로서 캐나다의 에너지정책은 균형과 환경보전에 적합한 에너지개발이 높아져가는 국민의 기대와 욕구를 충족할 수 있는 길이라고 인식하고 있습니다. 캐나다의 몇개 州의 경우에는 비용이 높아지고는 있지만, 수력발전의 개발 가능성은 여전히 상존합니다. 석탄은 캐나다에서 예민한 반응을 받고 있는 산성비 문제 때문에 바람직한 에너지원으로서의 기반을 상실했습니다. 천연가스 역시 근래 소위 온실효과에

대한 국민의 경계심이 점차 높아지고 있기 때문에 매력을 잃어가고 있습니다. 나는 영하 20℃의 추운 캐나다에서 막 돌아왔기 때문에 개인적으로는 캐나다 사람은 전세계가 경고하고 있는 환경문제에 대한 공포가 별로 없는 것으로 믿고 있습니다.

앞으로 캐나다의 에너지정책은 에너지보존과 그 효과적인 대책의 강화, 에너지 연구개발의 증대, 그리고 화석연료의 대체에너지 개발에 중점을 둘 것입니다. 정부는 산성비와 온실효과 문제가 심각한 것을 감안하여 아황산가스와 이산화탄소의 방출을 억제하는 강력한 시책을 펴나가고 있습니다. 이것이 바로 캐나다와 전세계가 원자력에 중점을 두는 이유입니다.

캐나다의 멀로니수상이 최근 몬트리올에서 개최된 세계동력회의에서 말한 것을 인용합니다.

“캐나다에서는 환경문제와 경제성장이 둘다 에너지연료문제와 관계되는 것이지만, 나란히 추진해야 한다고 믿고 있습니다. 더 이상 그중 하나를 배제하고, 또 하나의 이점만 취하지 않을 것입니다. 지구의 기온변화는 오늘날 가장

위험한 것이며, 정부가 당면한 가장 복잡한 문제는 일반적으로 말하는 것처럼 만약 에너지 수요를 화석연료 및 산림으로 충당한다면 견딜 수 없는 환경에 처할 것입니다.”

캐나다의 원자력산업은 21세기의 에너지계획에 있어서 중요한 역할을 할 것입니다. 캐나다 동력자원부 Jake Epp 장관은 지난 6월 캐나다 원자력산업협회 제29차 연차대회에서 행한 연설에서 “여러분이 신뢰성, 안전성 그리고 경제성을 살펴본다면 CANDU로 말로 세계에서 가장 성공적인 원자로입니다. AECL과 숲원자력산업체는 캐나다경제에 있어서 값있는 자산입니다. 캐나다정부는 이러한 성공적인 산업이 쇠퇴하는 것을 좌시하지는 않을 것입니다.”라고 말했습니다.

캐나다 국민의 1인당 전력 소비량은 현재 영국, 프랑스, 일본 국민의 3배 이상이 되고, 미국의 평균소비량의 1.5배, 그리고 한국 평균 소비량의 12배에 달하고 있습니다. 이것은 많은 주에서 산업용 전력을 KWH당 2.2센트(US화폐 단위)로 공급하는 에너지집약형 산업 육성을 성공시킨데도 그 원인이 있습니다.

한편 에너지소비와 대체에너지원의 연구에도 값진 노력을 경주하였지만 전문가들의 견해로는 핵융합은 아직도 50년이 더걸려야 한다고 말하고 있는 것은 흥미있는 현상입니다. 본인이 원자력공학을 공부하고 있던 30년 전에도 전문가들은 같은 말을 했는데, 이것이 바로 본인이 캐나다가 CANDU로 계획을 주축으로 하는 현행 원자력개발정책을 계속하여야 한다고 기대하고 있는 이유입니다.

다시 설명할 필요없이 CANDU로—중수감속재 원자로로 천연우라늄을 연료로 사용하며, 그 설계는 가장 효과적인 우라늄 사용이 되도록 설계된 것으로 연료이용률은 20%가 된다—는 한국과 캐나다의 원자력협력관계의 핵심으로 한국에 대하여 핵연료사이클 효율을 최대화하도

록 하는 유일한 기회를 제공하고 있습니다.

나는 CANDU로의 운전성과 자체가 모든 것을 다 말하고 있기 때문에 그 판매촉진에 관해서 굳이 말씀드리고 싶지 않지만, 다만 CANDU로가 어떻게 중수형로의 설계와 제작에서 세계의 선두가 되었으며, 또 한국과는 어떻게 특별히 성과있는 관계로 발전시킬 수 있었느냐에 대해서 그 배경을 약간 설명코자 합니다.

캐나다의 원자력계획은 그 시초가 35년전으로, 그때 캐나다원자력공사(AECL)가 캐나다정부의 투자기관으로 탄생했으며, 캐나다에서는 王室公社라고도 부릅니다. 탄생이란 단어는 적당한 말이 못되는데, 그 이유는 캐나다가 원자력발전의 연구를 시작한 것은 그보다 훨씬 전의 일이기 때문입니다. 사실은 그 시초가 1900년 초까지 소급되는데, 그 시기는 캐나다원자과학의 시조인 어네스트 루트포드경이 몬트리올에 있는 맥그릴대학에서 원자과학의 기초를 개발하고 있었기 때문입니다.

2차 세계대전중 한 영·불연구팀이 우라늄과 중수를 사용하는 원자로개념 연구를 시작했습니다. 이 공동연구의 목적은 원자를 분열시킬때 얻는 에너지를 동력화시키는 것이었습니다. 물론 같은 시기에 미국과 독일에서도 그와 같은 개념의 연구작업을 시작했습니다만, 캐나다의 원자력계획이 수립될 수 있었던 것은 그 영·불팀의 연구성과에서 시작되었다는 것입니다. 그 이유는 다음과 같습니다.

유럽에서 전운이 감돌아 이 연구팀이 캐나다로 이동해 오기로 합의되었고, 1942년에 몬트리올시 소재 국립연구소내에 연구실을 마련했습니다. 1944년에는 오타와시에서 160Km 거리의 한 작은 외딴 부락인 초크리비에 원자력연구센터의 건설을 시작했습니다. 그 직후인 1945년 9월에는 캐나다의 원자력 1호기가 운전용 개시했습니다. 이것은 미국 이외에서 임계에 도달한 첫번째 원자로입니다. 바로 2년후에는 NRX

(국립연구실험로)가 운전을 개시했는데, 이것은 세계에서 가장 우수한 실험로로 알려지고 있습니다.

이무렵 카나다는 자체 원자력기술을 기반으로 원자력발전 개발계획을 추진키로 결정하였는데, 기술은 천연우라늄을 연료로, 중수를 냉각재로 사용하는 연구로를 기초로 하여 개발하는 캐나다식 노·하우였습니다.

같은 시기에 미국에서도 농축연료를 기반으로 하는 기술을 개발하고 있었습니다. 1950년대 카나다는 미국에서 개발하고 있는 압력용 방식과는 다른 압력튜브개념의 기술개발을 하도록 결정하였습니다.

1958년 "CANDU"(Canada Deuterium Uranium)라는 명칭을 캐나다식 원자력발전소라는 뜻으로 채택하였고, AECL사에는 원자력발전부가 창설되었습니다. 이것을 시발로 캐나다 원자력발전 개발계획이 수립되었는데, 그 프로그램이 성장하고 발전될 수 있도록 단일체계를 유지토록하였습니다.

처음부터 CANDU계획은 주요 잠재수용가인 Ontario Hydro사가 참여토록 하였는데, 동사는 현재까지도 CANDU 원자로를 운전하는 세계 제1의 발전회사이고, 더우기 자산규모와 종업원수에서 북미에서 가장 큰 전력회사일 것입니다.

1950년 초는 온타리오주의 전력수요가 급격히 증가하고 있을 때로서 흡사 한국의 에너지정책담당자가 직면하였던 형편과 비슷한 상황에 놓여 있었습니다. 저렴한 비용으로 개발 가능한 수력자원은 거의 없고, 소규모 화력발전소들 뿐이었습니다(캐나다 전체의 연간 석탄생산량은 70MM톤이었고, 그것도 대부분 브리티시 콜럼비아나 알버타주 같은 서부지역에 편중되고 있었다).

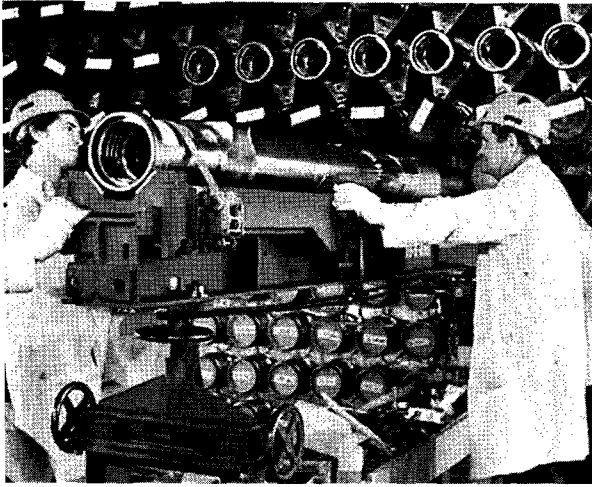
원자력발전 만이 저렴한 비용으로 문제를 해결할 수 있는 유일한 길이었으므로, 온타리오

하이드로사는 CANDU로를 개발하는데 직접 참여하기로 결정하였습니다. AECL과 온타리오 하이드로사의 관계는 35년 이상 강력한 유대를 맺고 있는 바, 1962년에 운전을 시작한 실험로의 설계로부터 더글라스 포인트의 상용원형로(1967년 運開), 피커링의 1,2호기 설계, 그리고 현재 진행중인 피커링, 브루스, 달링톤 지역의 원자로 설계에 이르기까지 동참하고 있습니다. 현재 온타리오 하이드로사는 피커링에 CANDU로 8기, 브루스에 8기를 각각 운전중이고, 달링톤에 4기가 건설 및 시운전 중에 있습니다.

현재 온타리오 하이드로 사는 300억달러 이상을 원자력시설에 투자하였고, 원자력시설용량은 현재 약 9,000MW이고, 1992년에는 달링톤의 원자력발전소가 준공되면 14,000MW로 증가할 것입니다. 현재 온타리오 하이드로사의 발전설비의 절반 이상이 CANDU로이며, 발전비도 석탄화력 보다 30%가 쌉니다. 최근 주당국이 독자적으로 조사한 바에 의해서도 추가 원전설비로 생산하는 발전비는 2040년까지 KWh 당 3.5 내지 3.7 캐나다센트로서 석탄발전비 KWh당 4센트(환경대책비 때문에 비용이 계속 증가될 것임) 보다 싸다는 온타리오 하이드로사 측의 주장이 사실임이 확인되었습니다.

캐나다에 있어서 원자력발전의 역사는 대단히 빛나고 성공적인 역사이며, 이것은 세계에서 가장 안전하고 고도의 품질관리로 이룩한 시스템에서 비롯되었다고 본인은 확신하고 있습니다. 세계 어느 나라를 막론하고 인구가 가장 많은 대도시로 부터 100Km 이내에 8,000MW 정도의 원자력설비를 가지고 있고, 시가지에 반원전 데모가 없는 나라가 또 있습니까? 온타리오 하이드로사는 16기의 운전중인 원자로와 건설중인 4기 외에 CANDU로 계획과 관계되는 몇개의 타설비도 가지고 있습니다.

1960년도에는 인도와 파키스탄에서 CANDU로가 건설되었습니다. 1970년도 중반에는 홀룽



한 CANDU 6 가족이 계약을 체결했습니다. 월성 1호기를 비롯하여 퀘벡의 켄틸리 2호, 뉴브스윅의 Point Lepreau, 아르헨티나의 Embalse 가 여기에 포함되는데, 모두 수년 동안 성공적으로 운전을 계속하고 있습니다. 루마니아는 현재 CANDU 6형의 5기를 건설중이고, 추가로 몇기를 계획중입니다.

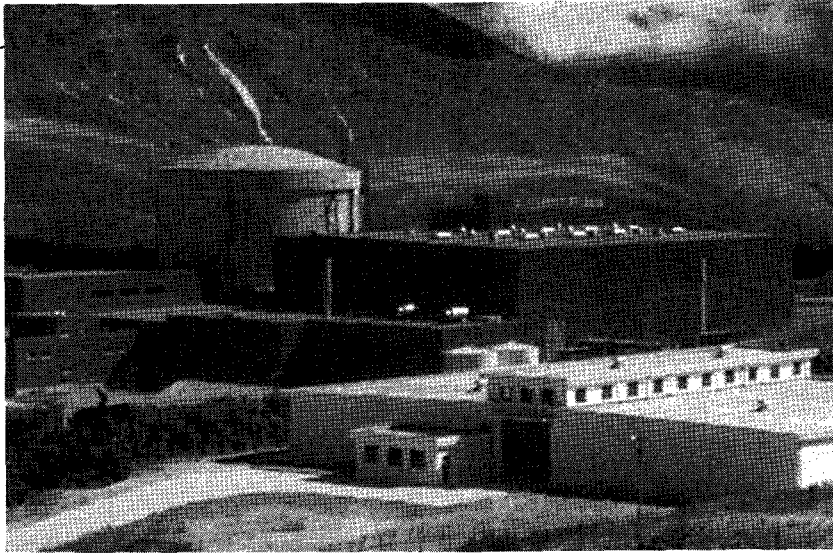
혹자는 캐나다의 원자력산업이 이러한 훌륭한 설계를 가지고 이미 얻은 영예에 만족하지 않느냐고 생각할지 모르겠습니다만, 사실은 그렇지 않습니다. AECL은 현재 소형 450MWe급 CANDU 3의 상세설계를 성공리에 진행중입니다. 이 CANDU 3은 소규모 전력계통에 적합한 차세대 개량형 CANDU 개념입니다. 대규모의 개량형 CANDU 6계획으로는 900MWe급 원자로가 현재 계획중에 있습니다. 이들 개량형 원자로는 가일층의 안전성과 공기단축 그리고 최상의 가동률과 저렴한 투자와 발전비라는 야심적인 목표를 충족시켜 줄 것입니다. 일본은 그들의 LWR-FBR 계획의 중간단계로서 이 CANDU로 설계를 1,200MW급까지 확대할 수 있느냐 하는데 관심을 표시하고 있다고 알고 있습니다(현재 이 계획은 최소, 2020년까지 지연 됨).

캐나다는 원자력개발 초기단계부터 AECL이 이 개발계획에 참여하도록 노력하였습니다. 캐나다와 한국과의 관계는 비록 9기의 가동 원전중 CANDU로는 1기 뿐이기는 하지만,

세계에서 가장 성공적 협력프로그램의 하나로 손꼽힙니다. 1976년 캐나다와 한국은 월성에 CANDU 6발전소를 세우도록 계약하였습니다. 1983년 이 CANDU로 계획의 성공적 완수는 CANDU로 기술이전의 용이성을 과시했을 뿐 아니라 양국간의 장기적이고 상호 이익되는 기술교환의 기반을 조성하는데도 이바지했습니다.

월성 1호기는 AECL의 선도하에 캐나다원자력산업체가 건설하여 1983년 4월에 상업운전에 들어갔는데, 콘크리트 타설에서 부터 상업운전까지 61개월의 건설공기는 그때까지의 세계기록이었습니다. 상업운전개시 이래의 가동성과는 대단히 인상적인 것으로 가동 이래 현재까지의 설비이용률은 81%를 달성하였습니다. 3월 말까지로 마감한 1986년도 설비이용률은 98.4%로서 세계 최상위급에 기록되었습니다. 월성 1호기는 아주 좋은 성능으로 운전을 계속하고 있는 바, 한국측의 만족도와 CANDU로의 우수성을 입증하는 증거로서 한국측은 지난 봄에 월성 2호기의 건설을 추진하도록 결정하고, AECL측과 협상에 임할 예정입니다. 본인은 이 협상이 조속히 시작되어 적어도 내년 여름까지는 계약이 끝나기를 기대합니다. 한국의 계획은 월성 2호기가 1997년 중반까지 상업운전에 들어가도록 되어있다는 것을 주목할 필요가 있습니다.

월성 1호기가 한·캐나다 원자력협력관계에서 가장 분명한고도 가치적인 상징이기는 하지만, 그외에도 잘알려지지 아니한 상호협력프로젝트도 많이 있습니다. 본인이 대덕에 있는 한국원자력연구소를 방문했을때 그곳의 많은 요원이 캐나다와 캐나다원자력산업의 첨단지식을 갖고 있는데 놀랐습니다. 제가 알게 된 것은 연간 40명의 요원파견계획이었는데, 이 계획은 40명의 원자력연구소 연구원을 원자력 R&D, 원자력 안전성, 국민홍보 등의 분야에 각각 1년씩 파견하는 것으로 이 계획은 1~2년내에



완료될 것입니다. 우리는 현행의 협력계획 이상의 협력관계의 추진을 구체화하려고 생각하고 있습니다.

수년간 AECL과 한국원자력연구소는 새롭고 개량된 연구로가 한국에서 개발되도록 협력해 왔습니다. 이 공동연구는 1987년에 서명한 연구소와 AECL간에 대덕에 건설할 다목적 연구로의 상세설계를 위한 협정에 기초를 두고 있습니다. 이 프로젝트는 현재 잘 진행되어가고 있는 바, 설계는 진척되고 장비는 발주가 되었습니다. 기초굴착이 끝나고 콘크리트 타설이 진행되고 있습니다.

또 하나의 협력분야로서 한국전력공사가 CANDU로 소유자그룹에 참여토록 교섭하고 있고, 또한 캐나다의 소형 SLOWPOKE 연구로에서 발전시킨 SLOWPOKE지역에너지시스템을 지역난방을 위해서 사용토록 한국측에 권장하고 있습니다. 이 시스템은 50%의 부하율로써 KWh당 2센트, 80%의 부하율에서는 KWh당 1.5센트의 비용으로 열을 생산하는데, 동일한 용량의 석유평판트에서는 KWh당 3.5센트가 소요됩니다. 한국과 같은 기후에서는 80%의 부하율로서 일반난방과 더운 물을 공급을 할 수 있을 것입니다. 20MW급 열발전소에서 5백~7백만달러라면 이것은 아주 싼 값입니다.

현재 체결중인 핵연료기술협정에 따라 AECL은 원자력연구소가 CANDU용 연료 제조능력을 개발하고 발전시키는 것을 지원해 왔습니다. 수년 전부터 한국원자력연구소에서는 핵연료봉을 제조해 왔고, 2년 전부터는 월성 1호기 연료 전량을 대덕의 핵연료공장에서 생산했습니다. CANFLEX라고 알려진 개량형 CANDU 연료도 AECL과 한국원자력연구소가 합동으로 연구개발하고 있습니다. 건식 사용후연료저장법 역시 상호협력 관계에서 얻은 성과인 바, 지난해를 AECL과 연구소는 이 분야의 공동연구협정에 서명했습니다. 개량형 CANDU 9시리즈의 설계분야에서도 한국은 엔지니어링 개발계획에 참여할 수 있게 될 것입니다.

먼저 이야기한 CANDU로 소유자그룹이야기를 다시 말씀드립니다. 우리는 이 그룹을 COG라고 부르는데, COG는 1984년에 창설되었고, CANDU로라는 동일한 원자로를 운전하는 전력회사간에 경험과 정보를 교환하고 자료를 공동 관리하는 사업들을 촉진해 나가는 기구입니다. 그룹의 재정도 당초의 연간 1,000만달러에서 1억달러로 증액시켰습니다. 한국전력은 전부터 COG의 정보교환프로그램의 회원인데, R&D 프로그램에도 참여토록 공식적인 초청을 받고 있으며 가까운 장래에 이 그룹이 후원 또는

직접 주관하는 공동연구활동에 참여하기를 바라는 바입니다.

끝으로 원자력 관련산업으로 한국은 캐나다의 NORDION 회사(AECL 산하 방사성화학회사)로부터 대규모 照射施設을 공급받아 현재 활용하고 있는 바, 이 시설에는 CANDU로에서 생산되는 코발트 60을 사용하고 있습니다. 이들 照射시설은 여러가지 식품들을 보존 또는 저장수명을 연장하는데 사용되며, 붕대, 가운, 수술장갑 등의 의료보급품의 살균에 이용되고 있습니다.

특히, 간과해서 안될 것은 양국간의 원자력 상호협력분야입니다. 양국은 보다 폭넓은 원자력협력관계를 추진할 수 있는 현안문제들을 협의하기 위하여 정부간 年例 상호협력회담을 개최하고 있습니다. 최근 캐나다와 한국이 원자력 재이전 협정문제를 타결시킨 것이 그 예로서 이 협정은 한국이 캐나다의 기술을 바탕으로 스스로의 원자력 수출산업을 개발할 수 있도록 허용하는 것입니다.

또한 한국은 캐나다의 에너지관련 프로젝트에 투자하고 있는데, 한국전력이 Saskatchewan주 Cigar호에 있는 캐나다 최대의 우라늄광산에, 그리고 大字가 북서부지방의 Dawn호 광산에 각각 참여하고 있고, 포항제철 역시 Greenhills 지방 粘質炭鑛에 20%의 지분을 가지고 있습니다. 캐나다측은 한국전력이 화력발전용 석탄 개발에도 투자하기를 희망하고 있습니다. 본인은 이들 한국기업들이 멀지않아 화력발전용 석탄 가격의 인상으로 톤당 10달러 이상의 이익을 볼 수 있을 것으로 확신합니다.

앞으로의 전망에 대해서 말씀드리겠습니다. 캐나다에 있어서의 원자력발전프로그램은 이제 새로운 국면에 접어들고 있습니다. 앞서 언급한 것과 같이 최근 캐나다정부는 과거 45년간에 걸쳐 40억달러 이상의 투자로서 개발해 온 원자력기술능력을 계속 유지발전시키기로 확인

했습니다. 바로 이 순간에도 캐나다는 원자력산업의 능력을 강화하여 안전하고 경제적인 전력원을 21세기까지 충분히 공급할 수 있도록 노력하고 있습니다. 이러한 과업은 분명히 캐나다가 독자적으로 실현할 수 있는 것이 아니라는 사실을 알기 때문에 경쟁과 성장을 위하여 국제시장과의 굳은 협력관계를 개발, 유지하지 않으면 안된다는 것을 알고 있습니다.

한국과 캐나다의 원자력협력관계는 대단히 건전하고 또 성장하고 있습니다. 한국의 월성원자력 2호기 추진 결정은 양국이 월성원자력 건설계획 하나 뿐만 아니라, 본인이 앞서 말씀드린 바와 같이 원자력산업의 많은 분야에서 협력할 수 있는 계기가 될 수 있을 것입니다.

캐나다와 한국은 양국간에 존재하는 이질성과 동질성을 함께 활용하는 특별한 관계를 유지하고 있습니다. 캐나다가 성취한 CANDU 기술을 한국이 원전건설과 중공업 그리고 고도의 R&D 경험축적을 통해서 원자력기술능력을 공유함으로써 양국의 CANDU 엔지니어링과 기계제작 능력은 안전하고 확실한 전력원을 보장하는 것 뿐 아니라 세계를 향하여 원자력 수출의 문을 열 수 있는 강력한 동반자가 될 것입니다.

캐나다와 한국의 원자력관계가 건전하고 발전적이라는 점을 더이상 강조할 필요가 없을 것입니다. 월성 2호기는 양국이 성공적으로 추진해야 할 다음 단계의 중요과제입니다. 원자력이 한국의 미래 에너지원으로서 그 중요성이 증가되고 있는 것과 마찬가지로 1990년대와 그 다음 세기에 있어서도 세계의 에너지문제 해결에 필수불가결한 요소가 될 것입니다. 분명히 CANDU가 이 과제를 해결할 수 있고 미래에도 큰 공헌을 할 것입니다.

캐나다는 한국과 완전하고 평등한 동반자관계로서 밝은 미래를 개척해 나가는데 열성을 다할 것입니다.