

태양광 발전원의 세계 현황 및 전망: 원자력 발전원과의 시너지즘 관점에서

김성호, 정환삼

한국원자력연구소 (shokim@kaeri.re.kr)

World Status and Prospect of Photovoltaic Power Systems:

In Possible Synergism with Nuclear Power Systems

Seong Ho Kim, Whan-Sam Chung

Korea Atomic Energy Research Institute

1. 서론

최근에 태양광발전시스템(Photovoltaic Power System; PVPS)에서 가장 큰 장애가 되고 있는 경제성(예: 발전단가) 및 기술성(예: 태양전지효율)을 제고하려는 시도가 세계적으로 에너지 연구/개발/실증 분야에서 꾸준히 이뤄지고 있다. 아울러 환경성 측면에서는 지구온난화가스 배출을 관리하고 정책적 측면에서는 지속가능한 개발을 실현하려는 차원에서 재생에너지의 개발/사용이 큰 관심거리이다. 태양광발전은 운전단계에서 지구온난화가스 배출량이 없으므로 보통 청정에너지원이라고 알려지고 있다. 그러나 태양광발전의 전과정평가(Life Cycle Assessment; LCA) [1]에 따르면, 실제로 제 1세대기술 [2]인 실리콘 태양전지 제조단계에서 지구온난화가스 배출량이 무시할 수 없을 정도의 양이라는 것이 알려져 있다. 이러한 단점에도 불구하고, 돈 안드는 거의 무궁한 천연연료를 사용하는 에너지원이라는 매력 때문에 태양광발전은 장래 에너지원으로 국제적 주목을 끌고 있다. 예컨대, PVPS의 기술적/비기술적 활동과 관련하여 현재 21개(유럽위원회 포함) 회원국들이 가입하고 있는 OECD 산하 국제에너지기구(International Energy Agency; IEA)에서 1992년에 시작된 PVPS 프로그램이 있다.

이 작업의 주요 목적은 (1) IEA-PVPS 참여회원국별 2003년도 활동현황/장래전망 [3]을 기초하여 PVPS의 세계적 현황 및 전망을 소개하고, (2) 이러한 상황을 기반으로 원자력발전원과의 시너지즘을 제안하려는 데 있다. 다른 여러 나라들의 PVPS 현황 및 전망을 종합적으로 비교함으로써 (1) PVPS의 국제적 연구 개발 방향 및 산업계 시장발전 동향이 파악될 수 있으며; (2) 재생에너지원 가운데서 태양광발전의 위상이 드러날 수 있고; (3) 현 시점에서의 태양광발전의 기술적/산업적 한계점 및 앞으로 극복되어야 할 사항들이 정리될 수 있으며; (4) 우리 나라 태양광발전이 다른 기저부하 발전원(특히, 원자력발전)과 함께 상승적으로 앞으로 나아갈 방향을 찾는 데 도움이 되리라 확신한다. 더불어, 국내 다양한 에너지원들의 에너지조화(Energy-Mix)정책 및 에너지 공급계획을 수립/수정시 태양광 발전에 자원할당하는 의사결정단계에서 보조적 정보로 활용될 수 있으리라 판단한다. 제 2장에서 현황 및 전망이 설명되고 제 3장에서 견해 및 제안사항이 언급된다.

2. 태양광 발전의 세계 현황 및 향후 전망

이 절에서는 IEA/PVPS 회원국(21개국) 가운데 호주, 캐나다, 일부 유럽연합 국가들(덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 네덜란드, 스위스, 영국), 이스라엘, 일본, 스웨덴, 미국 등의 PVPS의 활동현황 및 장래전망 등이 간략하게 보고된다.

호주 : 건물일체형 태양광지원 국가프로그램 및 전기소매업자와 다수 에너지사용자들을 위한 의무적 재생에너지 목표(Mandatory Renewable Energy Target; MRET)가 계통연계형의 시장 성장에 중요한 인자들로 인식되고 있다. 국민은 태양광에 호의적이고 이의 사용에 관심이 있지만 태양광은 환불금에도 불구하고 여전히 비싼 대안이다. 태양광을 지원하는 국가프로그램에는 계통형이나 독립형 PVPS를 설치한 가정/건물소유자에게 환불금을 제공하는 태양광환불프로그램(PV Rebate Programme; PVRP)이 있다. MRET 검토에 따르면, 낮은 전기 협정 요금제(Tariff)로는 태양광이 비싼 에너지원 대안이므로 태양광산업계의 개발을 지원하는 다른 보조대책들이 있어야 한다고 지적되었다. 이 MRET는 비용절감에 도달할 또는 국제경쟁을 증진시킬 수단이 아니기 때문이다. 주정부차원에서는 온실가스 배출 감축에 제공하는 온실가스감축증서 (Greenhouse Abatement Certificates; GACs)도입으로 계통형 PVPS에 긍정적 영향을 주고 있다. 그러나 지금은 이 프로그램 연장의 불확실성으로 인해, 전기업계에서 소수만이 PVPS를 설치하고 있다. 중유발전에서 첨두부하 감소용으로 태양광발전이 일부 전기업계의 관심을 받고 있다.

장래전망과 관련하여, 태양광발전 사용의 증기전망은 희망적이나 단기전망은 상대적으로 계통연계형 사용 때문에 더 문제가 되고 있다. 관심 및 이니셔티브는 증가하고 있지만, 녹색전기 제도 및 MRET로는 태양광을 예상수준으로 올리는 데 역부족이다. 태양광 사용을 더 긍정적으로 격려하는 작업 (예: 균일설치와 연결지침, 간단한 계약 및 재정적 제도)이 진행 중이다.

캐나다 : 태양광발전은 기후변화협약의 온실가스배출량 감축에서 캐나다 목표치를 달성하려는 구현계획에 반영되어 있다. 이 계획에 나타난 태양광 활동분야는 1) 분산식 에너지생산, 2) 진보적 최종사용자 효율기술 등이다. 아울러, 태양광기술 증진 및 비용절감 목표를 위하여 기금이 투입되고 있다. 시장성장을 바라면서 캐나다정부는 계통연계형 대규모 전개를 가로막는 장벽을 파악하였고 이를 에너지정책수립에서 검토하고 있다. 정부차원에서는 차세대건축 공학자들과 함께 건물일체형 태양광발전에 관심을 보이고 있다. 기존에너지에 비해 상대적으로 비싼 태양광발전이지만, 오지형 및 독립형 태양광발전 시장이 지속적으로 개발되고 있다. 지원금없는 태양광시장 증가추세는 태양광발전기술이 고객의 오지형 전력 필요성을 만족시키기 때문인 것 같다. 태양광발전은 1) 기후변화대응책에서 구현되고 있고, 2) 전력산업 통폐합에 따른 분산식 발전원-지향으로 전력시장에 참여하고 있으며, 3) 강제성-없는 정책(예: 계통망에 전기를 공급하는 PVPS 소유자를 보상해 주는 최종량-계량제 및 최종량-청구제 등)의 도입으로 투자가 촉진되고 있다.

장래전망과 관련하여, 여러 태양광 회사들이 PVPSs 개발 및 장려에 상당히 투자하고 있으므로, 1) 설치용량의 안정적 성장, 2) 개인부문 생산투자 증가 등으로 나타나고 있다. 태양광이 신뢰적 에너지원이고 태양광기술에 대한 국민인식은 우호적이라고 알려져 있지만, 국내 태양광시장 성장을 유지하기 위해 태양광에너지 수요를 유발시키는 홍보에 더 많은 투자를 고려하고 있다.

덴마크 : 현재 국가에너지계획이 없으나, 정부에너지정책은 에너지시장자유화의 비전 위에 수립되어 있다. 태양광기술이 정부에너지정책에서 특별히 거론된 적이 없었지만, 2003년에 태양광 국가전략초안이 만들어졌다. 이러한 전략의 지원하에서 태양광의 전개가 2004년에 개발되리라 기대된다. 통합된 국가 태양광프로그램이 없지만, 많은 프로젝트들이 지원되고 있다. 재생에너지개발프로그램의 지원으로 2003년말까지 약 2MW의 태양광발전이 설치되었다. 1000 지붕위 프로그램(SOL1000)이 2001년말 시작되었으나 실행이 거의 일년 정도 지연되었다. 2003년말 약 250kW가 구현되었고, 턴키시스템비용의 40%인 투자지원금

에 의해 고무되었다. 태양광발전의 지원제도로서 1) 지원금 지급, 2) 개인소유 PVPS 에 대한 최종량-계량제 등이 있다.

정부가 배당한 재생에너지 연구개발기금의 증가로 인해, 태양광부문에서도 태양광전략 및 전개 계획수립이 태양광에 더 조직적이고 통합된 접근을 가능하게 하리라 전망하고 있다. 그러나 아직 몇 년에 걸쳐 기금이 없고 분명한 국민지원이 없다면 태양광부문은 소멸될 것이다.

핀란드 : 핀란드에 약 100 명 미만의 일자리를 제공하는 태양광발전은 여전히 상당히 작은 산업부문이다. "재생에너지원을 위한 활동계획"은 온실가스 감축 목표에 도달하기 위하여 만들어졌는데, 주로 바이오에너지에 중점을 두고 있다. 태양광발전 설치용량 목표는 2010 년 40MWp, 2025 년 500MWp 이다. 재생에너지발전을 촉진하도록, 1) 개인을 제외한 기업/단체 등에게 태양에너지 시스템 비용의 40% 까지 투자지원금이 인정되고, 2) 재생에너지원으로서의 변경을 포함하면서 부지의 에너지시스템에 초점을 둔 부지 수리 지원금이 있으며, 3) 녹색에너지를 시장에 공급하는 에너지생산자에게 제공되는 유럽재생에너지증서제도(European Renewable Energy Certificate System)가 있고, 4) 발전시 필요기준을 만족하는 전기사업자는 에코-레벨(Norppa Eco-Label)을 신청할 수 있고, 5) 풍력- 및 수력발전의 녹색전기를 공급받는 고객은 매달 소위 환경센트(Environmental Cent)를 지불하고 있다. 이 환경센트기금은 녹색전기생산을 증진시키는 새 프로젝트에 사용된다.

프랑스 : 프랑스 국가지속가능 개발정책은 에너지관리 분야에서도 수행되고 있다. 에너지관리 정책에는 에너지효율 및 재생에너지가 포함한다. 재생에너지 정책에 태양광이 포함된다. 에너지의 국가논쟁에서 두 가지 주요 기본요건은 1) 공급안전성, 2) 환경보전 등이었다. "에너지백서" 에서 태양광에너지, 수소/이산화탄소 격리 등이 연구활동으로 언급되었다. 재생에너지관련 요건들은 인허가 및 세금제도 등을 통해 구체화될 것이다. 국가지원 프로그램에서는 부품/시스템 비용의 절감을 목표로 하는 연구 기술개발 분야가 있다. 또한, 태양광시스템 구현에 투자 지원하는 시장확대 분야에도 연구자금이 할당된다.

2003 년에 계통연계형 설치는 둔화를 보였다. 이러한 추세는 앞으로 계속될 것이라는 설치자에게 여태까지 주어진 세금감면혜택이 24%가량 감소할 예정이기 때문이다. 2003 년에 2.8MW 의 설치에 투자가 이뤄져서 과거에 비해 비약적으로 성장하였다. 계통연계형 태양광발전에서 2003 년 연계의 기술적, 인허가적, 계약적 조건이 2004 년 태양광시장 개발수준의 기초를 보강할 것이다.

독일 : 전체에너지에서 재생에너지의 점유율을 2000 년에서 2010 년까지 두 배로 한다는 목표를 공식화하였다. 태양광은 재생에너지 개발에 현재 큰 기여를 못하고 있지만 장기적으로는 좋아지리라 본다. "십만 지붕위 태양전기 프로그램(1999-2003)" 에서 계통연계형 태양광발전의 설치를 위하여 연화차관(Soft Loan:달러 등 국제통화로 빌려주고 현지통화로 상환받는 유리한 차관)을 제공하였다. 또한, 재생에너지원법령(Renewable Energy Sources Act; EEG)이 보증하는 호의적 공급협정요금제(Feed-in-Tariff)가 있다. EEG 조정후 요금제에 따르면, 2004 년부터 기본요금은 0.457 EUR/kWh 이고 소규모 건물일체형에는 상여금 0.117 EUR/kWh 이 더 주어질 것이다. 예컨대, 30kWh 미만의 건물위 소규모형은 순요금 0.574 EUR/kWh 을 받는다. 신규설치 시스템에서는 요금이 매년 5%씩 감소할 것이다.

"십만 지붕위 태양전기 프로그램"의 종료와 함께 EEG 가 조정되었다. 공급협정요금의 증가는 미래 태양광시장을 꾸준히 성장시키리라 전망하고 있다.

네덜란드 : 2003 년 개인주택용 태양광발전이 투자가 많았다. 이러한 높은 투자는 PVPS 설치시 건설허가의 불필요, 전기업자의 보조금 증가지급 (에너지장려금법규(Energy Premium Regulation; EPR)을 포함하여 총보조금은 5.35EUR/Wp), 모듈가격의 10% 하락 및 시장경쟁에 의한 시스템가격의 하락 (즉, 6EUR/Wp 이상 하락) 등에 기인한다. 2003 년 12 월에 추산된 연간용량은 20~25MWp 로 나타난다. 이는 2002 년 보다 3~4 배 더 큰 용량이다. 장기 재생에너지 프로그램에 따르면, 2003 년의 첫째 제안은 바이오매스 및 풍력의 강조, 태양열, 태양광, 히트펌프 등의 견줄만한 배려이다. 혁신 PV 연구프로젝트를 위하여 신에너지연구(NEO) 보조금제도가 시작하였으나 상대적 소예산 때문에 PV 연구의 동기유발은 적을 것 같다.

장래전망과 관련하여, 2004 년 EPR 감소는 PV 거래를 감소시킬 것이다. 에너지사용시규정에너지세금(Regulating Energy Taxes; REB)이 부과되는데 녹색전기에는 세금공제가 주어졌다. 세금공제가 끝나는 2005 년이후부터 녹색전기값의 상승이 에너지의 사용을 위축시킬 것이지만, PV 에 영향을 미치지 않을 것이다. REB 는 전기생산자로부터 구매되는 전기에만 부과되기 때문이다. 세금공제를 보완할 MEP 용자는 중/대형 태양광발전에도 도움을 줄 것이다. 한편, 2004 년 중반기에 발표되는 에너지시장 자유화가 전기회사의 태양광 이해관계에 어떤 영향을 줄지는 예측하기 어렵다.

스위스 : 에너지프로그램 (2004~2006)은 비록 예산이 삭감되었지만 에너지효율 및 재생에너지를 위한 시장-지향적 지원책에 초점을 맞추고 있다. 원자력발전 포기/정지에 관한 두 번의 국민투표는 원자력발전 포기/정지 반대로 결론이 나왔고, 뒤따른 에너지정책 공개토론에서 더 엄격한 신/재생에너지 기술의 전개로 이끌었다. 앞으로의 에너지연구는 시장-관련 활동범위 (예: 파일릿- 및 실증 프로젝트) 내에서 영향을 받을 것이다. 기후정책목표 만족만으로는 더 이상 단기적 태양광발전 보급의 명분이 되기 힘들어지고 있다. 에너지 RTD 종합계획(2004~2007)에서 태양광발전이 우선분야로 확립되었다. 정부차원 인센티브 제도의 부재에서도, 7MWp 이상의 태양광발전이 설치되었다는 것은 재생에너지-혼합형 개념에 대한 국민인식이 좋기 때문이라고 판단하였다.

앞으로, 태양광발전에 대한 국가프로그램은 연방정부, 지역정부, 전기사업자들의 지원으로 1) 산업계 개발, 2) 틈새시장용 신상품, 3) 국제적 관여 등에 집중하면서 계속되리라 보고 있다. 이러한 상황에서 다음 몇 년은 태양광 시장규모가 약 2.0MWp/year 이리라고 기대할 수 있다.

영국 : 재생에너지의무(Renewable Obligation)는 전기공급업자가 1)공급하는 전기의 특정 부분을 특정 재생에너지원으로 공급하거나, 2) 재생에너지의무증서를 구매하거나, 3) Buyout 을 지불하도록 강제한다. 이러한 의무제도에 기초하여 2010 년까지 재생에너지 전력 생산비용을 10%로 늘리고 2020 년에는 20%에 도달하려는 것이 재생에너지전개의 정부전략이다. 태양광 정부-산업 그룹이 정부에 권고한 필수내용은 1) 주거용/비주거용 PVPS 시장 촉진프로그램의 필요, 2) 단순 전력망연결 시행, 3) 태양광 계획의 안내, 4) 설치자/서비스요원의 국가적 훈련 및 인증 등이고 이러한 내용은 주요 태양광 실증프로그램(Major PV Demonstration Programme; MPVDP)의 보조금으로 구현되고 있다.

앞으로, MPVDP 가 영국의 태양광발전을 부양하리라 전망한다. 설치용량이 급증하면서 1)설치자 인증/교육, 2) 계통망연결 문제 등이 더욱 중요해진다. 태양광부문의 지속성장을 지탱하는데 1) 현저한 비용절감, 2) 꾸준한 품질/신뢰도/시스템서비스 향상 등이 꼭 필요하다.

이스라엘 : 제한된 산업계와 활발한 학계에서 태양광발전이 주목하고 있다. 대부분 경제적

에 기반을 두기 때문에, 태양광발전은 전력망에서 멀리 떨어진 곳에서 독립형 오지 전기화에 사용된다. 전기사업자가 개인이 생산하는 전기를 구매하도록 하고 있지만, 태양광발전을 위한 장려 이니셔티브나 보조금 제도는 따로 없다. 정부는 전체전력 가운데 2007년까지 최소한 2%, 2016년까지는 5%가 재생에너지원에서 생산되도록 의무화하고 있다. 이러한 결정은 태양광발전시장에 좋은 영향을 줄 것이다.

정부차원에서 전력 가운데 재생에너지 의무할당제도는 태양광시장을 고무시킬 것이다. 또한, 연구개발기금 확보 및 계통연계형 실증프로젝트 지원을 통해 태양광발전이 장려되고 있다.

일본 : “장기 에너지 수요공급 전망”에서 신에너지의 하나로 태양광발전이 장려되고 있다. 2010년까지 PVPS의 목표치는 4820MW로 잡혀있다. 이러한 목표달성을 위하여 다방면에 걸쳐 노력하고 있다. 예컨대, 2002년 제정된 RPS법에 따르면 에너지공급자는 확정비율의 재생에너지를 사용하도록 강제되고 있다. 비용절감을 위하여 지방정부 및 개인사업자를 지원하는 국가차원 프로그램이 수행되고 있다.

태양광발전의 촉진 및 배치를 위한 정부의 지원과 함께 개인, 정부기관, 지방정부, 개인사업자 등이 태양광발전의 도입을 추진해 왔다. 그러므로 정부의 연구개발 및 도입 지원과 함께, 주택용, 공공설비용, 산업설비용 PV시장은 자체지속적 확장이 기대된다.

스웨덴 : 생태적이고 경제적인 지속가능 에너지시스템을 정착시키려는 에너지정책 프로그램에서 재생에너지원(수력, 풍력, 태양광) 사용을 촉진하고 있다. 아직도 태양광발전의 주된 시스템은 가정용 독립형이다. 태양광을 위한 시장개발 이니셔티브 및 보조금 프로그램이 결여되어 있지만, 재생에너지(예: 바이오매스, 수력, 풍력, 태양광) 장려를 위한 거래가능전기증서(Tradable Electricity Certificates; TECs) 제도가 도입되었다. 태양광발전시스템의 사용이 1) 세급, 2) 수수료, 3) TECs 등의 정책을 통해 장려되고 있지만, 현재는 태양광 시장가격에 미치는 영향이 너무 적으므로 새로운 설치의 거의 실증프로그램으로 이루어지고 있으며, 정부의 기금으로 지원되고 있다.

앞으로 태양광사업체들과 건축/빌딩업체들과의 협력으로 새로운 이니셔티브가 상업적 계통연계형 시장에서 형성될 것이다.

미국 : “산업로드맵”이 2020년까지의 태양광산업의 1) 비전, 2) 장기전략, 3) 목표 등을 계속해서 통합하고 있다. 2003년 백만태양지붕 이니셔티브는 1) 주/지역 협력, 2) 재정적 장치, 3) 소비자 각성, 4) 코드/규격/인증 프로그램의 지원 등을 후원하고 있다. 국가프로그램은 다양한 전기의 비용하락 및 모듈/시스템의 효율향상을 통하여 국내용량을 증가시키는데 집중하고 있다.

국가태양프로그램을 통해 태양광 이니셔티브가 계속될 것이다. “산업로드맵” 및 갱신된 “에너지성태양광기술계획”이 시장수요-기반 우선순위를 결정하기 위한 시스템-구동 접근방법을 사용하면서 태양광활동을 이끌 것이다. 태양광산업에 필요한 모든 부품, 연결부, 물질 등을 포함한 시장이 개발/확장될 것이다.

3. 논의 및 제안사항

태양광 발전의 문제점을 해결하려는 활동이 국제적 차원, 정부-, 산업체-, 개인차원 등으로 몇몇 나라들(예: 일본, 독일, 미국)에서 다각적으로 활발히 진행되고 있다 [4;5]. 여기서는 PVPS의 독자적 장려책 및 다른 발전원들과의 시너지증 장려책을 구분하여 논한다: 먼저, 다른 발전원들과 비교하여 태양광 발전원의 열악한 경제성 [6] 및 기술성을 극복하

려는 PVPS 장려책은 대체적(Substitutive) 에너지원-차원에서 다음같이 제안될 수 있다:

- (1) 경제성을 고려하는 경우 에너지환급기간(Energy Payback Period)이 10 년이 넘는다고 분석되고 있지만 [7], 에너지안보 관점에서, 지속가능개발의 개념을 선호하는 개인/업체/지방자치단체 등을 주축으로 분산식 태양광발전의 설치가 촉진되어야 한다.
- (2) 세계적으로 태양광 발전원 보급을 위해 도입되고 있는 정책은 크게 a) 재정적 지원, b) 법률적 강제 등으로 구분될 수 있다 [8]. 재정적 관점에서 정부차원에서 세금공제, 융자금, 정부/지방 보조금 등이 적용되어야 한다. 예컨대, 전력사업자 차원의 정책으로는 태양광전기 최종량-계량제(Net-Metering), 최종량-청구제(Net-Billing), 오지형 태양광발전 도입, 전기구매서 우대 등이 고려될 수 있다.
- (3) 다른 에너지원에 비하여 경제적으로 아직은 저렴하지 않은 태양광발전 도입을 촉진시키는 추진력은 정부차원의 지구온난화가스 배출량감축 의지, 소비자-지향적인 전력시장의 자유화 개방 등이 될 수 있다. 법률적 측면에서, 태양광발전 전기의 생산/사용이 강제화되어야 한다. 예컨대, 온실가스배출량 감축을 위하여 화석연료에너지 사용을 줄이고 재생에너지 사용을 늘이는 제도의 하나인 재생에너지 명세표준(Renewable Portfolio Standard; RPS: 전기소매업자가 일정량의 재생에너지를 의무 구매토록 하는 제도)가 도입될 수 있다.
- (4) 환경적 관점에서, 환경오염물질을 배출하는 태양전지 기술은 가능한 배제된 고효율의 태양전지 기술이 개발되어야 할 것이다. 예컨대, 일본에서는 연구개발계획에서 중급속을 배출하는 태양전지 기술이 연구대상에서 제외되고 있다.

PVPS 의 활발한 연구개발의 파급효과는 국가 전력부문에서 다른 발전원들(특히, 주된 청정 기저부하용인 원자력 발전원)의 역할을 상쇄시키는 대신 상승시키는 관점으로 수용되어야 한다. 마지막으로, PVPS 장려를 위한 대책은 보완적(Complementary) 에너지원-차원에서 다음과 같이 제안될 수 있다:

- (1) 에너지효율 측면에서, 태양광 발전으로 생산된 전기는 하절기 전기사용량이 최대인 때 첨두부하 수요 감소용으로 전력망계통에 투입되어 부하 제어역할에 기여하여야 한다.
- (2) 또한 에너지안보 측면에서 PVPS/원자력발전시스템의 물리적 조화(Physical Mix: 원전 부지내에 태양광/풍력 도입, 일본에서 실행중) 및 시간적 조화(Temporal Mix: 원전의 오버홀 동안 외부수전 필요시에 태양광-전기 사용)를 도입하여 실제적으로 단위전력당 온실가스배출량을 절감하며 외관상으로 청정에너지의 홍보효과를 얻어야 한다.

참고 문헌

- [1] Wibberley, L. et al.: "Case study B11 Electricity from photovoltaics," in *LCA of steel and electricity production*, BHP Research (2001).
- [2] Green, M. A.: "Photovoltaics: Technology overview," *Energy Policy* 28, 989-998 (2000).
- [3] IEA-PVPS: "A Photovoltaic power system programme: Annual report 2003," International Energy Agency, 104pp (2004).
- [4] 윤경훈: "IEA/PVPS 회원국의 태양광발전 이용동향 (1992-2002)," 제 15 회 신재생에너지 Workshop, 203-221 (2003).
- [5] Jaeger-Waldau, A.: "Status of PV research, solar cell production, and market implementation in Japan, USA, and the European Union," ECJRC (2002).
- [6] 김성호 외: "Comprehensive comparative assessment of national energy and power systems," 2004 추계학술발표회 발표논문집, 한국원자력학회, 용평, 1459-1460 (2004.10).
- [7] Wilson, R. and Young, A.: "The embodied energy payback period of photovoltaic installations applied to buildings in the U.K.," *Building and Environment* 31(4), 299-305 (July 1996).
- [8] 김진오: "경쟁적 전력시장하에서의 재생에너지 활성화 방안," 에너지경제연구원, 기본연구보고서 2002-09, 144 쪽 (2002.12).