

개성공단 전력 공급 대안으로서의 풍력 에너지 고찰

*김 지효¹⁾, 김 화영²⁾, **허 은녕³⁾

Consideration of wind power as an alternative way of electricity supply to Kaesong industrial district

*Jihyo Kim, Hwa-young Sin(Kim), **Eunnyeong Heo

Key words : Kaesong industrial district(개성공단), electricity supply(전력 공급), Wind Power(풍력 에너지), Energy cooperation between South and North Korea(남북한 에너지 협력)

Abstract : 지난 2005년부터 남한은 개성공단에 배전 및 송전 방식을 통하여 전력을 공급해왔다. 개성공단 전력 공급은 정치적으로 민감한 사안이며, 많은 비용이 소요되기 때문에 논란의 대상이 되고 있다. 따라서 개성공단 2단계 사업 및 여타의 다른 남북경협 사업을 앞두고 대북 전력 공급의 여러 대안에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 개성공단에 전력을 공급할 경우 가능한 대안들의 정성적인 특성을 분석하여 바람직한 대안들을 선정해보았다. 선정된 대안은 대북 송전, 해주 발전소 건설, 풍력 에너지 공급인데, 이 중 풍력발전 시설 지원이 가장 경제적인 대안이라는 결론을 얻을 수 있었다.

1. 서론

개성공단 개발 사업은 경의선 및 동해선 철도·도로 연결, 금강선 관광사업과 함께 ‘남북경협 3대 중점사업’으로 정부에서 야심차게 추진하고 있는 대북사업이다⁽¹⁾. 이는 남쪽의 자본과 기술, 북쪽의 토지와 인력이 결합되어 남·북간 경제적 시너지 효과를 극대화시키기 위한 것이다⁽²⁾. 개성공단의 입지는 Fig.1 과 같다.

현재 개성공단에는 총 68개의 업체가 가동 중이며, 2만 4천여 명의 북한 근로자를 고용하고 있다. 2005년 입주 이래 총 3.1억 달러를 생산하여 그 중 61백만 달러를 수출하였다. 전체 입주 업체 가운데 섬유 봉제 업체가 60% 이상을 차지하고 있으며, 기계 금속, 전기 전자 등의 업체가 가동되고 있다.

개성공단은 2000년 현대와 조선아시아태평양 평화위원회 사이에 65.7km²(2,000만평)에 달하는 개성공단 사업권에 관한 계약이 체결되면서 시작되었고, 2003년에 개성공단지구 건설이 착공되었다. 개성공단 조성 계획은 3단계로 구분하여 추진되고 있으며, 2007년 남북정상선언을 통해 2단계의 조속한 추진이 합의되었다. 개성공단은 「개성공업지구법」이라는 북한 법의 구속을 받지만, 실제로 남측의 사업자에 의해 공단 개발 및 각종 기반시설(용수, 전력, 통신, 에너지 등)을

건설하고, 입주 기업들이 직접 개성 현지에 공장을 건설하여 운영하는 방식을 취한다. 개성공단에 사용되는 전력은 지금까지는 남한에서 개성공단에 직접 송전하는 방식으로 공급이 이루어져왔다.

개성공단 전력 지원 문제는 정치적으로 매우 민감한 사안이며, 많은 비용이 소요되므로 논란의 대상이 되고 있다. 그러나 현재 북한이 겪고 있는 심각한 에너지난을 감안하면, 남측의 전력 지원 없이 개성공단 사업을 성공시키는 것은 거의 불가능하다. 따라서 개성공단의 원활한 가동을 위해 남한의 전력 공급 지원이 필수적이라는 가정 하에 다양한 전력 공급 대안들을 논의하는 과정이 필요하다.

본 연구에서는 개성공단 전력 지원에 어떤 대안들이 가능한지 파악하고, 특히 신·재생에너지의 지원 가능성이 있는지 모색할 것이다. 그리고

1) 서울대학교 에너지시스템공학부 석사과정
E-mail : frogpri1@snu.ac.kr

Tel : (02)880-8707 Fax : (02)882-2109

2) 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사과정

E-mail : lovesin7@snu.ac.kr

Tel : (02)880-8284 Fax : (02)882-2109

3) 서울대학교 에너지시스템공학부 부교수

E-mail : heoe@snu.ac.kr

Tel : (02)880-8283 Fax : (02)882-2109

각 대안별 장단점 및 간략한 비용을 추산하여, 어떠한 대안이 가장 바람직한 대안인지 살펴보고자 한다. 이는 개성공단 이외에 다른 대북 사업의 전력 지원 문제를 논의할 때에도 활용될 수 있을 것이다.



Figure 1 개성공단입지*

2. 개성공단 전력 공급 현황

개성공단 전력 공급을 위해 2004년 북한과 한국전력 간에 「개성공업지구 전력공급에 관한 합의서」가 체결되었다. 이에 의해 2005년 3월부터 2007년 5월까지의 남한의 문산 변전소에서 개성공단으로 15,000kW의 전력이 배전 방식으로 공급되었다. 2007년 6월에 문산 변전소와 개성 변전소의 연결 공사가 완공되면서 10만kW의 전력이 송전되고 있다. 한편 2007년 개성공단의 전력 수요량은 15,000kW에 미치지 못하고 있는 것으로 알려져 있다. 이는 개성공단에 에너지 집약적 산업보다는 노동 집약적 산업들이 입지해 있기 때문이라고 생각된다.

개성공단 전력 송전을 위한 건설 공사비 및 유지비는 남한 정부의 부담으로 이루어지고 있다. 문산-개성 간 송전선로 공사에는 총 350억 원의 정부예산이 소요되었다. 전력 공급을 담당하고 있는 한국 전력은 개성공단으로 전력을 지원하기 위해 연평균 30억 원을 부담하고 있다.

대북 송전은 에너지 전용의 가능성이 거의 없으며, 전력 생산의 문제를 남한이 전적으로 담당하기 때문에 북한의 경제 사정이 악화되더라도 전력 공급에 지장이 생기지 않는다. 따라서 공급의 안정성 측면에서 볼 때에 대북 송전은 바람직한 대안이 될 수 있다. 그러나 이러한 방안은 남한 전력 공급의 안정성을 일정 부분 저하시킬 수 있으며, 국내 전력 요금의 상승을 초래할 수 있다. 또한 장기적인 관점에서 볼 때 바람직한 대안이 될 수 없다. 발전 연료의 가격은 계속해서 상승하고 있으며, 기후 변화로 인해 화석 연료 사용으로 인한 환경적 비용 또한 상승하고 있는 상황에서 남한에서 전력 생산을 담당할 경우 모든 에너지 비용 및 환경적 부담을 남한이 부담하게 되

기 때문이다. 게다가 대북 송전은 북한이 에너지 수급을 남한에 의존하도록 하므로, 통일 이후의 상황에서도 바람직하지 않다.

따라서 2단계 사업이 본격적으로 시작되기 전에 전력 송전 외에도 다른 대안들을 고찰해보는 것이 반드시 필요하다. 개성공단 전력 공급의 사례는 앞으로 계획적인 해주 경제 특구나 안변 조선 단지에 전력을 공급하는 문제에서도 적용가능하다는 점에서도 의의를 가진다.

3. 개성공단 전력 공급 대안

개성공단 전력공급 방안은 크게 대북 송전, 발전 연료 지원, 신규 발전소 건설, 발전소 개·보수, 신·재생에너지 공급으로 나누어 볼 수 있다. 3.1절에서는 각각의 대안이 가지는 장·단점을 살펴본 뒤, 이를 바탕으로 유력한 대안들을 선정하였다. 그리고 3.2절에서는 선정된 대안들의 경제성을 분석하였다.

3.1 대안의 장·단점 분석

대북한 에너지 지원 방안은 각각의 장단점을 가지고 있으므로, 본 절에서 대안별 장단점의 정성적 측면을 논하고자 한다.

1) 대북 송전

대북 송전은 현재의 개성공단 전력 공급 방식이며, 개성공단 2단계 사업 및 앞으로의 남북 경험 사업에서도 가장 유력한 전력 공급 방식이다. 대북 송전의 장·단점은 2장에 전술한 바와 같이 안정적이며 기 시행중인 방안인, 남한 에너지 및 환경 부담이 큰 방식이다.

2) 발전연료 지원

발전 연료 지원은 중유 및 유연탄 지원을 의미한다. 현재 북한에는 총 8개의 화력발전소(석탄 화력 7개, 중유 화력 1개)가 가동 중이며, 설비의 노후화 및 발전 연료 부족으로 전력 생산에 어려움을 겪고 있다고 알려져 있다. 따라서 발전 연료의 지원은 개성공단 전력 공급의 가장 신속한 대안이 될 수 있다. 그러나 연료 지원은 전용 가능성을 배제할 수 없고, 북한의 노후화된 송배전 시스템을 감안할 때 전력 증강 효과가 미약하다. 더욱이 에너지 가격의 상승과 기후 변화 대응의 압력이 거세지고 있는 작금의 상황에서 발전 연료 지원은 결코 바람직한 대안이 될 수 없다.

3) 신규발전소 건설 지원

신규 발전소 건설은 북한 전력난의 원인이 발전소의 부족이 아닌 설비 및 송·배전 시스템의 노후화임을 감안할 때 적합하지 않은 것으로 판단된다. 또한 신속한 공급이 어렵고, 발전 연료의 지원이 남한의 부담이 된다는 단점을 가진다. 그러나 개성공단 주변에는 이렇다 할 발전

* 개성공업지구지원재단 홈페이지

<http://www.kidmac.com>

소가 없으므로 신규 발전소 건설도 고려해볼 만한 대안이 될 수 있다. 특히 인근의 해주 발전소 완공 지원 시 신규 발전소 건설비용을 절감하는 한편 장차 해주 경제 특구에도 전력을 공급할 수 있다는 장점을 가진다.

4) 기존 발전소의 개·보수

발전소 개·보수는 신규 발전소 건설보다 북한의 전력난 해소에 더 효과적인 방안이다⁽³⁾. 그러나 북한의 지역 분산형 에너지 시스템을 고려하면, 인근에 대형 발전소가 없는 개성공단에는 그다지 효과적인 전력 공급 방안이라 볼 수 없다. 이 방안은 여전히 발전 연료를 남한이 공급해야 한다는 문제를 가진다. 이러한 관점에서 개성공단 전력 공급에 있어 발전소 개·보수 보다는 신규 발전소 건설이 더 바람직한 대안이라 사료된다.

5) 신재생에너지 지원

최근 개성공단에 신·재생에너지를 공급해야 한다는 주장이 제기되고 있다. 신·재생에너지를 공급하게 되면 전용 가능성을 없앨 수 있고, 환경 부담을 줄일 수 있으며, 국내 신·재생에너지 산업 육성에 도움을 줄 수 있다. 그러나 아직까지 개성공단에 신·재생에너지를 공급하는 방안에 대해 기술 및 경제적 관점에서의 검토는 이루어지지 않아, 이에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있다.

신·재생에너지 공급은 아직까지 북한의 신·재생에너지 현황에 대한 조사 및 분석 자료가 충분치 않으므로 집중적인 연구가 필요한 방안이다. 현재 전력 공급이 가능한 신·재생에너지로는 풍력과 태양광 정도가 있는데, 태양광 발전 전력의 기준가격은 풍력보다 약 7배 비싸기 때문에*, 북한에 설비를 지원하여 전력을 생산하고 설비를 유지하도록 지원하기에는 풍력이 더 바람직한 에너지원이라 생각된다. 그리고 지금까지 알려진 바에 의하면 북한은 매우 풍부한 풍력 자원을 가지고 있다고 한다. 그러므로 개성공단에 신·재생에너지를 공급하게 된다면 풍력을 우선적으로 고려해 볼 수 있다.

현재 우리나라 최대 규모의 풍력발전단지인 9,795kW 용량의 행원풍력단지이며, 당장은 40만 kW 전력을 풍력으로 전부 공급하는 것은 무리가 있다. 하지만 세계 최대 풍력발전단지인 미국 Altamont Pass의 발전 용량은 576MW이므로 대형 풍력단지의 가능성은 존재한다고 볼 수 있다⁽⁴⁾.

풍력발전시설의 이용률은 일반적으로 20%를 약간 상회하는 것으로 집계되고 있다. 또한 개성 인근의 풍력자원 분포가 알려져 있지 않다는 사실을 감안하면, 풍력만으로 40만kW의 전력을 공급하는 방안은 많은 어려움을 수반할 것으로 예상된다. 그러나 남북관계의 특수성 및 풍력에너지 지원의 사회·경제적 파급효과를 고려하면, 풍력발전시설 지원의 경제적 비용을 산정하여 풍력 지원의 가능성을 타진해 볼 필요가 있다.

table 1에서 5가지 대안에 대해 앞서 논의한 바와 같이 각 대안의 장·단점을 정리하였다. 정성적인 측면에서 볼 때, 대북 송전, 해주 발전소 건설, 풍력에너지 지원이 고려해 볼 만한 대안으로

판단된다.

Table 1 대안별 장·단점

대안	장점	단점
송전	· 전용 가능성 없음 · 안정적 전력 공급	· 환경오염 · 북한의 남한 에너지 의존도 심화
발전연료 지원	· 신속성	· 북한의 남한 에너지 의존도 심화 · 전용 가능성 존재 · 환경오염 · 미약한 전력증강 효과
해주 발전소 건설	· 다른 남북 경협 사업에서도 이용 가능	· 환경오염 · 연료 공급 문제
발전소 개·보수		· 연료 공급 문제 · 개성공단 전력공급에는 도움 되지 않음
풍력	· 기후변화 대응 · 전용 가능성 없음 · 남한 신·재생에너지 산업 육성	· 추가 연구 필요 · 대규모 전력 공급 어려움

3.2 경제성 분석

앞서 대북송전, 해주 발전소 건설, 풍력 발전 시설 공급을 지원 가능성이 있는 대안으로 판단하였다. 이들에 대해 간단한 경제성 분석을 적용하여, 각 대안들의 실현하는데 소요되는 대략적 비용을 추정해보았다.

전체 지원 기간은 20년이고, 현재 송전망의 최대 전력 공급량이 40만 kW이기 때문에 40만 kW의 전력 공급을 가정하였다. 본 연구는 특정 대안의 수익과 비용을 비교한 것이 아니라 대안 간 비용의 비교이기 때문에, 할인율과 투자보수율을 0%로 가정하였다. 이러한 가정 하에 대안 별 총수명비용(LCC, Life Cycle Cost)을 계산해보았다.

대북 송전은 인프라 건설비용으로 350억 원이 이미 투입되었다. 기투입 금액은 초기투자비로, 초기투자비의 5%를 유지보수비로 설정하였다. 발전 비용은 평균 전기 요금에 발전 비용 68%를 적용하여 49.97원/kWh로 가정하였다⁽⁵⁾. 사업기간 20년의 총수명비용은 35,710억원으로 산정되었다.

해주 발전소 건설은 기존 문헌을 참고하여 유연탄 발전소를 가정하였다⁽³⁾. 북한이 토목 및 건축 공사비를 부담하고, 용지비가 들지 않으며, 생산된 전력을 약 75Km 떨어진 개성 평화발전소로 송전한다고 가정하면, 발전소 건설단가는 867,000원/kW이다. 이 경우 발전소 운전의 주체는 북한이기 때문에, 남한에서 부담해야 할 운전 유지비용은 없다. 발전비용은 발전 비용은 대북

* 풍력: 107.29(원/kWh), 태양광: 677.38(원/kWh)
출처: 에너지관리공단 신재생에너지센터

송전과 마찬가지로 49.97원/kWh로 가정하였다. 그 결과 20년 총수명비용은 40,388억 원으로 산정되었다.

풍력 발전 시설 공급의 경우 대형 풍력 발전 단지 조성비용에 관한 국내 자료가 없으므로, 기존문헌을 참조하였다⁽⁶⁾. 풍력 터빈의 예상 수명은 20년이므로 전체 기간 중 풍력 터빈의 교체는 발생하지 않으며, 20%의 효율로 발전이 이루어짐을 감안하였다. 초기 투자비는 1,400,000원/kW이며, 설비 유지 관리 비용은 매년 19원/kWh로 가정할 수 있다. 그러나 설비유지관리비용을 북한이 부담한다고 하면 20년간 풍력 발전의 총수명비용은 28,000억원으로 추정된다.

Table 2에서 각 대안별 초기투자비, 운전비용, 20년 총수명비용을 정리하였다. 이를 통해 경제적 측면에서만 본다면 풍력발전시설 공급이 가장 경제적인 방안을 알 수 있다. 이는 개성공단 인근의 풍력 자원이 이상적이고 풍력 발전을 위한 대지가 무료로 지원된다는 가정 하의 비용이므로 실제 풍력발전시설 공급 비용은 이보다 더 높을 것으로 예상된다. 그러나 송전, 해주 발전소 건설 대안 역시 발전 연료 가격의 상승이 고려되지 않았다. 향후 풍력 발전의 비용의 하락하고 CDM(Clean Development Mechanism)의 가능성이 열린다면 풍력발전시설의 경제성은 더 높아질 것이다.

Table 3 대안별 비용*

대안	초기투자비 (억원)	운전비용 (억원/년)	20년 LCC 비용(억원)
송전	350	1768	35,710
해주 발전소	5,368	1751	40,388
풍력	28,000	0	28,000

4. 결론

남한은 지난 2005년부터 개성공단에 전력을 공급해왔다. 이는 북한의 심각한 에너지난을 감안하였을 때, 개성공단 사업을 성공시키기 위한 필연적인 조치이다. 한편 2007년 제 2차 정상회담 결과 개성공단 2단계 사업 및 여러 남북 경제협업 사업이 논의되고 있으므로, 이러한 사업들을 성공시키기 위해서는 추가적인 전력 공급이 필요하다.

따라서 개성공단 2단계 사업을 앞두고, 송전 외에 개성공단에 전력을 공급할 수 있는 다른 방안들을 모색해보았다. 개성공단 전력공급 방안은 크게 대북 송전, 발전 연료 지원, 해주 발전소 건설, 발전소 개·보수, 풍력 발전 시설 공급으로 나누어 볼 수 있다. 그 중 정성적 특성만 분석하였을 때, 바람직한 대안은 대북 송전, 해주 발전소 건설, 풍력 발전 시설 공급이 선정되었다. 이 세 가지 대안의 비용을 추산해 본 결과 풍력발전 시설의 20년 총수명비용이 28,000억 원으로 가장 경제적인 대안이라는 결론을 내릴 수 있었다. 이는 발전소 개·보수가 가장 적합한 대안이라는 기

준 연구 결과⁽³⁾와 상반된 결론이다. 이는 기존 연구에서는 신·재생에너지 분야를 본격적으로 다루지 않았고, 지원 범위가 북한 전 지역을 포괄하기 때문이다.

현재 북한 풍력 자원에 대한 조사가 진행 중이고, 아직 풍력 에너지로 공업 단지를 조성한 사례가 없다는 점에서 풍력 발전 시설 공급은 시기상조인 대안으로 생각된다. 그러나 개성공단 뿐만 아니라 향후 이어질 대북 사업에서도 풍력을 비롯한 여타 신·재생에너지원을 고려해 볼 필요가 있다. 대북사업은 국가주도적인 사업이기 때문에, 신·재생에너지의 가능성을 타진해 볼 수 있는 기회가 되기 때문이다.

후 기

본 연구는 서울대학교 통일연구소의 통일학 연구 지원 사업의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] 원영호, 2007, “북한 경제개혁 조치와 개성공단 개발의 성공 방안에 관한 연구”, 연세대학교 석사학위논문.
- [2] 임을출, 2005, “웰컴 투 개성공단,” 도서출판 해남.
- [3] 정우진, 2006, “대북 전력지원 및 협력방안 연구,” 에너지경제연구원.
- [4] 한국에너지기술연구원, 2005, “풍력자원 정밀조사 및 풍력단지 개발 기술 증진 연구,” 산업자원부.
- [5] 전여옥, 2005, “남북상생을 위한 대북전력 협력방안,” 2005년 정기국회 국정감사 정책자료집.
- [6] 하정우, 김수덕, 2005, “대관령 풍력단지의 풍력 발전량 및 경제성 분석,” 에너지공학, 제 14권, 제 2호, pp. 123-132.

* 남한 측이 부담해야 할 비용만을 산정하였음