



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위 청구논문
지도교수 전 의 찬

RETScreen을 활용한 해외 풍력발전사업 타당성평가 연구

세종대학교 대학원
지구환경과학과
기후변화전공
이 주 수

석사학위 청구논문
지도교수 전 의 찬

RETScreen을 활용한 해외 풍력발전사업 타당성평가 연구

A study on the feasibility evaluation of overseas wind
power projects with RETScreen software

세종대학교 대학원

지구환경과학과

기후변화전공

이 주 수

석사학위 청구논문
지도교수 전 의 찬

RETScreen을 활용한 해외 풍력발전사업 타당성평가 연구

A study on the feasibility evaluation of overseas wind
power projects with RETScreen software

이 논문을 석사학위 청구논문으로 제출합니다.

2012. 06.

세종대학교 대학원

지구환경과학과

기후변화전공

이 주 수

이 논문을 이주수의
석사학위 논문으로 인준함.

2012. 06.

심사위원장 이 화 수 (인)

심사위원 박 년 배 (인)

심사위원 전 의 찬 (인)

목차

제1장 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구 방법	3
제2장 분석 대상 국가의 선정 및 환경 분석	5
1. 선정 기준 및 결과	5
2. 국가별 풍력발전 설치 현황	6
3. 국내기업의 해외투자현황	9
4. 분석 대상 국가별 환경 분석	11
제3장 선행연구 및 RETScreen 모형 연구	18
1. 선행연구	18
2. RETScreen 풍력발전 프로젝트 모델 연구	19
제4장 RETScreen을 활용한 타당성 분석	24
1. 사업성 분석	24
제5장 분석 결과	34
1. 분석 대상 국가별 환경분석 결과	34
2. 프로젝트별 입지조건 및 발전량 산정 관련	36

3. 경제성 분석 결과	36
4. 민감도 분석 결과	38
제6장 결론	40
참고문헌	43
ABSTRACT	45

표목차

표 1. 분석 대상 국가의 선정	6
표 2. 2010년 국가별 풍력설치량	8
표 3. 2010년말 현재 국가별 누적풍력설치량	9
표 4. 각 국가별 프로젝트 설치 위치	25
표 5. 각 프로젝트별 주요 기상정보	26
표 6 Wind turbine 상세 내역	27
표 7. 각 프로젝트별 발전량	28
표 8. 초기 투자비 내역	29
표 9. 모델 적용 전력단가	30
표 10. 모델 적용 법인세율	30
표 11. 모델 적용 인플레이션율	31
표 12. 모델 적용 부채이자율	32
표 13. 입력자료의 정리	33
표 14. 경제성분석 결과	38
표 15. 민감도분석	39

그림목차

그림 1. 연구 방법 Flow Sheet	4
------------------------------	---

그림 2. 전세계 2010년말 현재 풍력발전 누적설치량	7
그림 3. 전세계 풍력발전 연도별 신규설치량	7
그림 4. 연도별 한국의 해외직접투자 추이	10
그림 5. 국가별 해외직접투자누계금액	10
그림 6. 중국의 풍력발전 누적 설치용량 추이	12
그림 7. 미국의 풍력발전 누적 설치용량 추이	13
그림 8. 독일의 풍력발전 누적 설치용량 추이	15
그림 9. 영국의 풍력발전 누적 설치용량 추이	16
그림 10. Five Step Standard Analysis of RETScreen	19
그림 11. 각 국가별 누적 풍력설치량 비교	34

논문요약

RETScreen을 활용한 해외 풍력발전사업 타당성평가 연구

우리나라의 해외직접투자는 최근 들어 급속도로 확대되고 있다. 해외직접투자는 다양한 동기에서 이루어지며 신·재생에너지 사업에 대한 해외직접투자 또한 다양한 각도에서 검토될 수 있다. 국내 기업은 해외의 신·재생에너지 사업에 대한 진출을 통하여 장비의 수출, 건설공사 수주, 프로젝트 관리기술의 습득 및 시장선점의 효과를 누릴 수 있다. 또한 투자수익률을 향유할 수도 있다. 이러한 이유에서 신·재생에너지 사업 중 시장규모가 가장 큰 풍력발전을 대상으로 중국, 미국, 독일, 영국 등 해외 4개 국가의 풍력발전사업에 투자한다고 가정하여 각 국가의 전력단가, 인플레이션율, 법인세율, 부채조달이자율 등이 수익률에 미치는 영향을 비교분석하였다. 분석 결과 전력판매단가가 가장 높은 독일의 경우가 수익률이 가장 높았으며 개별적인 요인 중 각 국가의 전력판매단가와 부채이자율이 수익률에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 분석방법이 향후 풍력발전사업에 대한 해외직접투자시 적절한 투자 의사결정을 하는데 도움이 될 것으로 보인다.

주제어 : 해외풍력발전(Overseas Wind Power), 해외직접투자(Foreign Direct Investment), RETScreen, 타당성평가(Feasibility Evaluation), 경제성 분석(Economic Analysis)

제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적

세계 경제의 글로벌화로 인해 한국의 해외직접투자(Foreign Direct Investment)는 크게 증가하고 있다. 1968년에 처음 시작된 한국의 해외직접투자는 1990년대 들어 크게 증가하였고 2006년 최초로 100억 달러를 돌파한데 이어 2011년에는 250억 달러를 상회하였다(한국수출입은행 해외경제연구소, 2012.).

해외직접투자에 대해서는 긍정적인 시각과 부정적인 시각이 동시에 존재한다. 해외직접투자의 부정적인 측면으로는 국부유출, 투자 대상 국가의 정치적 위험 및 환위험 등 과도한 위험 부담 등을 들 수 있다. 하지만 적정 수준의 해외직접투자는 고유가 및 원자재난에 대응한 에너지 자원의 안정적 확보, 국산부품 및 중간재 수출촉진 등 전략적인 의미와 함께 최근 들어 급속히 확대된 국내 금융 시장에서의 유동성의 해소 및 환율 안정에도 기여한다. 미국발 서브프라임모기지¹⁾ 사태에서

1) 서브프라임 모기지론은, 신용조건이 가장 낮은 사람들을 상대로 집 시세의 거의 100% 수준으로 대출을 해주는 대신에 금리가 높은 미국의 주택담보대출이다. 2000년대 초 IT버블붕괴, 911테러, 아프간/이라크 전쟁 등으로 경기가 악화되자 미국은 경기부양책으로 초 저금리 정책을 펼쳤다. 이에 따라 주택용자 금리가 인하되었고 그러자 부동산가격이 상승하기 시작했다. 주택담보대출인 서브프라임모기지론의 대출금리보다 높은 상승률 보이는 주택가격 때문에 파산하더라도 주택가격 상승으로 보전되어 금융회사가 손해를 보지 않는 구조여서 거래량은 크게 증가하였다. 증권화된 서브프라임 모기지론은 높은 수익률이 보장되며 신용등급이 높은 상품으로 알려져 거래량이 폭증했다. 하지만 2004년 미국이 저금리 정책을 종료하면서 미국 부동산 버블이 꺼지기 시작했다. 서브프라임모기지론 금리가 올라갔고 저소득층 대출자들은 원리금을 제대로 갚지 못하게 되었다. 증권화되어 거래된 서브프라임 모기지론을 구매한 금융기관들은 대출금 회수불능사태에 빠지게 되고 손실이 발생하였고 그 과정에 여러 기업들이 부실화 되었다. 미국 정부는 개입을 공식적으로 부정했고 미국의 대형 금융사, 증권회사의 파산이 이어졌다. 이것이 세계적인 신용경색을 가져왔고 실물경제에 악영향을 주어 세계 경제 시장에 타격을 주었다.

축발된 전세계적인 경제위기를 타개하기 위해 각국 정부는 통화 확대 정책을 실시하였다. 이로 인해 전세계 금융 시장에는 막대한 유동성이 공급되었고 이러한 각국의 잉여자금이 적절한 투자처를 찾기 위해 전세계를 누비고 있다. 우리나라의 경우에도 금융시장에 잉여자금이 풍부한 편으로서 이러한 자금이 적절한 투자처를 찾아 해외 부동산, 해외 자원 등에 대한 투자를 확대하고 있다.

최근 들어 정부는 국내 신·재생에너지 기업들의 해외진출을 적극 지원하고 있다. 신·재생에너지 사업과 관련한 국내기업의 해외진출 사례로는 한국전력과 삼성물산의 캐나다 온타리오주 2.5 GW(Giga Watt) 풍력 및 태양광발전 수주와 STX의 유럽 풍력업체 인수, 대우조선해양의 미 풍력업체 인수, 현대중공업의 파키스탄 풍력발전 50 MW(Mega Watt) 투자 등을 들 수 있다. 국내 기업은 해외의 신·재생에너지 사업에 대한 진출을 통하여 장비의 수출, 건설공사 수주, 프로젝트 관리기술의 습득 및 시장선점의 효과를 누릴 수 있다. 또한 전반적인 에너지가격 상승시 이를 헤지하는 효과를 누릴 수 있다.

신·재생에너지원 중에서도 풍력발전은 가장 많은 금액이 투자되고 있고 또한 화석에너지원과도 경쟁할 수 있을 정도로 경제성을 갖춰 많은 프로젝트 개발이 이루어지고 있다. 또한 고용창출 효과가 뛰어나 선진 각국이 많은 투자를 진행하고 있다. 2000년 중·후반까지 유럽시장이 주류를 이루었으나, 2000년말부터 중국과 미국으로 풍력시장의 중심이 이동하고 있다. 우리나라의 경우에도 조선업이 발달해 있고 풍력발전의 경우 조선업과 공통점이 많은 만큼 앞으로도 두 산업간 시너지가 매우 큰 편이다. 이로 인해 장비의 수출 등과 연관된 풍력발전에 대한 해외투자가 늘어날 것으로 보인다.

해외 투자의 경우 해당 국가의 법제, 해당 국가의 환율, 정부정책, 법인세율 등으로 인해 국내 투자에 비해서 리스크가 높은 편이다. 따라서 풍력과 관련한 해외직접투자가 증가할 것으로 예상되는 현 시점에서 풍력발전에 대한 투자비중이 높은 해외 각국의 투자환경을 분석하고 국가별로 투자수익율을 비교 분석해 보는 것은 의미있는 시도이다.

선행연구를 통해서 볼 때 국내의 논문 중 풍력발전 프로젝트에 대해서 분석한 사례는

주로 프로젝트 자체의 기술적 측면에 중점을 두고 있고 해외직접투자를 염두에 둔 논문은 찾기 어려웠다. 또한 해외의 논문사례를 보아도 개별적인 한 개의 프로젝트에 대한 분석이 주를 이루고 있다. 본 연구의 목적은 RETScreen상 case studies로 제시된 1개의 풍력발전 프로젝트를 중국, 미국, 독일, 영국 등 4개 국가에 동시에 투자한다고 가정하여 각 프로젝트 위치별 기상조건, 그리고 국가별 고유의 전력판매단가, 인플레이션율, 법인세율, 해당국가의 위험도 등에 따른 타당성을 분석하고 그 결과를 서로 비교 분석하는 것이다. 이는 풍력발전분야에서 기존에 시도되지 않은 새로운 접근방식으로 판단된다.

2. 연구 방법

연구 방법과 관련한 Flow Sheet는 그림1과 같다. 본 연구는 세단계를 거친다. 첫번째 단계는 풍력발전 설치량이 높은 국가와 우리나라의 해외투자실적이 높은 국가를 조사하여 분석 대상 국가를 선정하고 각 국가별로 풍력발전과 관련한 투자 환경 및 전력판매단가 및 법인세율 등에 대한 조사를 수행하는 것이다. 두번째 단계는 RETScreen의 case studies 중에서 한 개의 프로젝트를 선정하여 그 기본가정 등을 검토하여 발전량을 산정하는 것이다. 마지막 단계로 이러한 자료를 토대로 RETScreen을 이용하여 경제성분석을 실시하고 이를 서로 비교 분석하는 것이다. RETScreen은 Natural Resources Canada에서 운영하는 신·재생에너지 경제성평가 프로그램으로 신·재생에너지 프로젝트를 모형화 및 분석할 수 있는 소프트웨어이다. RETScreen은 풍력발전을 포함한 신·재생에너지의 경제성분석을 위한 쉬운 자료 입력 방법, 분석의 간편성으로 예비타당성조사에 매우 유용하다. 또한 모형에 포함된 기술은 포괄적이며, 종래의 에너지원과 기술은 물론 전통적인 청정에너지원과 전통적이 아닌 청정에너지원을 모두 포함한다는 것이 장점이다. 이러한 프로젝트 모형의

예로는 에너지효율, 난방 및 냉방, 전력 및 열병합발전 등이 있다. 이들 분석 도구에는 제철, 프로젝트, 수문학 및 기후 데이터베이스 (후자의 경우 4,700개의 지상국 위치 및 지구 표면 전체를 포함하는 NASA²⁾ 위성 데이터 포함)는 물론 전세계적인 에너지 자원 지도가 전부 통합되어 있다.

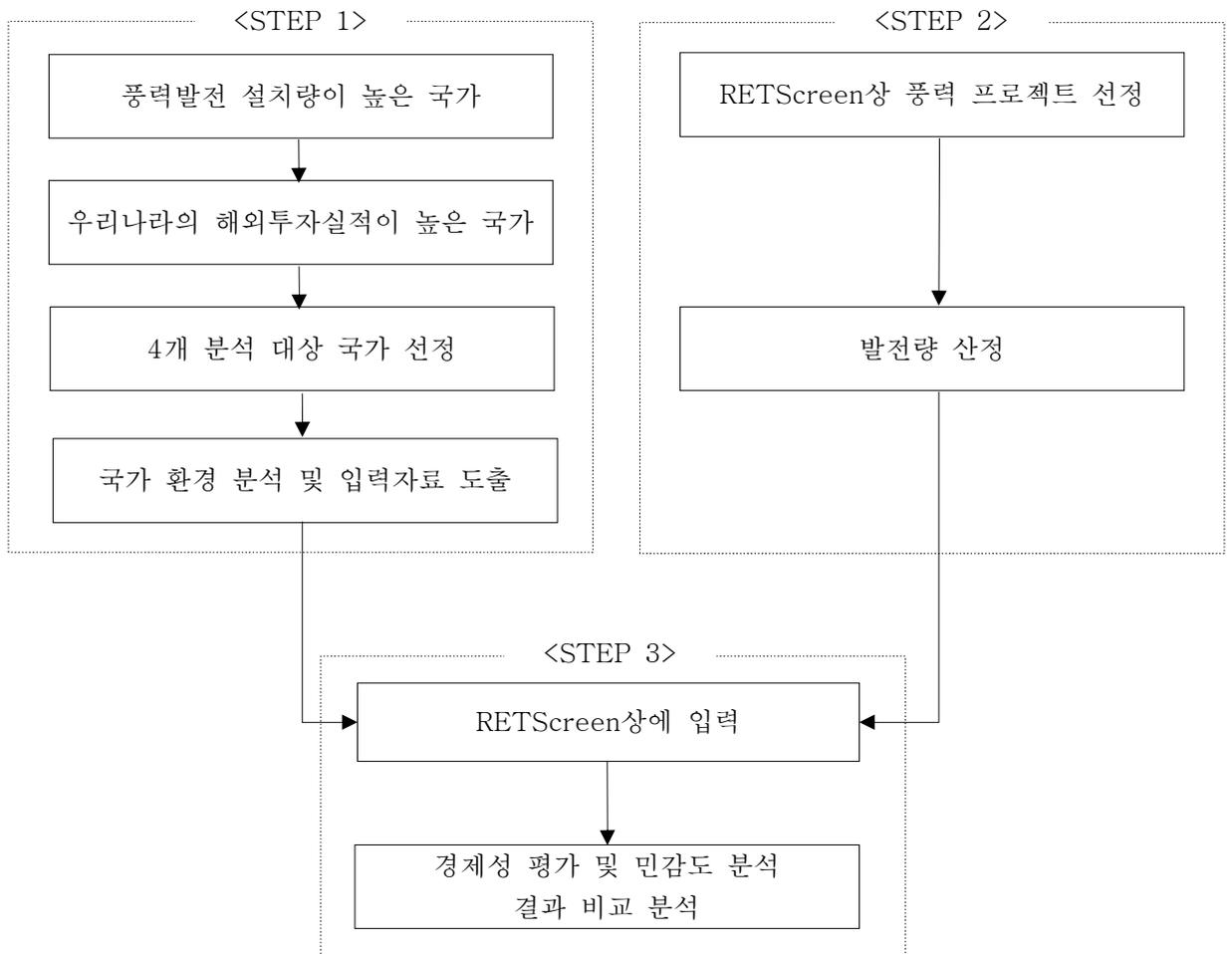


그림 1. 연구 방법 Flow Sheet

2) National Aeronautics and Space Administration(미국항공우주국)

제2장 분석 대상 국가의 선정 및 환경 분석

1. 선정 기준 및 결과

분석 대상 국가는 다음의 사항을 고려하여 선정하였다.

첫째, 풍력발전에 대한 투자가 많은 국가 즉 누적적으로 풍력발전의 설치용량이 큰 나라에 대해서는 앞으로 우리나라에서의 풍력발전에 대한 해외직접투자 가능성도 높은 것으로 간주하였다. 둘째, 한국의 해외투자실적을 분석하여 누적적으로 투자금액이 높은 국가에 대해서 앞으로 우리나라에서의 풍력발전에 대한 해외직접투자 가능성도 높은 것으로 간주하였다. 셋째, 자료의 확보가능성을 고려하여 최종적으로 분석 대상 국가를 확정하였다. 첫 번째 기준에 의해서 15개 국가를 선정하였고 첫 번째 기준과 두 번째 기준을 동시에 고려하여 8개국을 선정하였으며 세 번째 기준을 고려하여 네덜란드와 호주, 인도 및 캐나다를 제외하고 4개 국가를 표 1과 같이 분석대상 국가로 확정하였다. 자료의 확보가능성과 관련하여 가장 중요시 했던 부분은 해당 국가에 풍력발전 투자시 전력판매단가에 관한 정보를 신뢰성 있게 확보할 수 있는지 여부였다. 제외된 4개 국가의 경우 다양한 출처에서 전력판매단가를 확보하는 것은 가능했으나 정보간 일관성 측면에서 각 정보간의 차이가 커서 신뢰성 있는 자료로 사용하기에 불가능하다고 판단하여 제외하였다.

표 1. 분석 대상 국가의 선정

국가	풍력발전설치용량순위	국내 해외투자규모순위
중국	1	2
미국	2	1
독일	3	11
영국	8	4

(출처: GWEC, 2011., 한국수출입은행 해외경제연구소, 2012.)

2. 국가별 풍력발전 설치 현황

전세계적으로 2010년말 현재 197GW의 풍력발전기가 설치되어 있다. 2005년 이후 매년 11GW 이상의 용량이 추가 설치되고 있으며 매년의 설치용량은 증가하고 있다. 특히 중국을 위주로 한 아시아 지역에서의 설치 용량이 급속도로 증가하고 있다. 다만, 2010년의 경우 전세계적인 금융위기와 불황으로 인해서 연간 신규 설치 용량이 처음으로 감소하였다. 2010년의 경우에는 OECD 국가를 위주로 한 선진국보다는 개발도상국에서의 설치용량이 더 크게 나타났는데 이를 통해 풍력발전이 선진국 위주로 설치될 수 있는 고급 기술이라는 논란에 종지부를 찍게 되었다. 풍력발전에 대한 투자를 통해 각 국가는 급속도로 증가하는 에너지 수요에 대한 공급의 안정성을 꾀하는 동시에 화석연료의 가격 변동성에 대한 예산상의 부담에 서로 벗어나고자 하고 있다. 또한 지구 온난화의 주범인 온실가스를 저감하고자 하는

이유에서도 풍력발전에 대한 투자를 늘리고 있다(GWEC. 2011.).

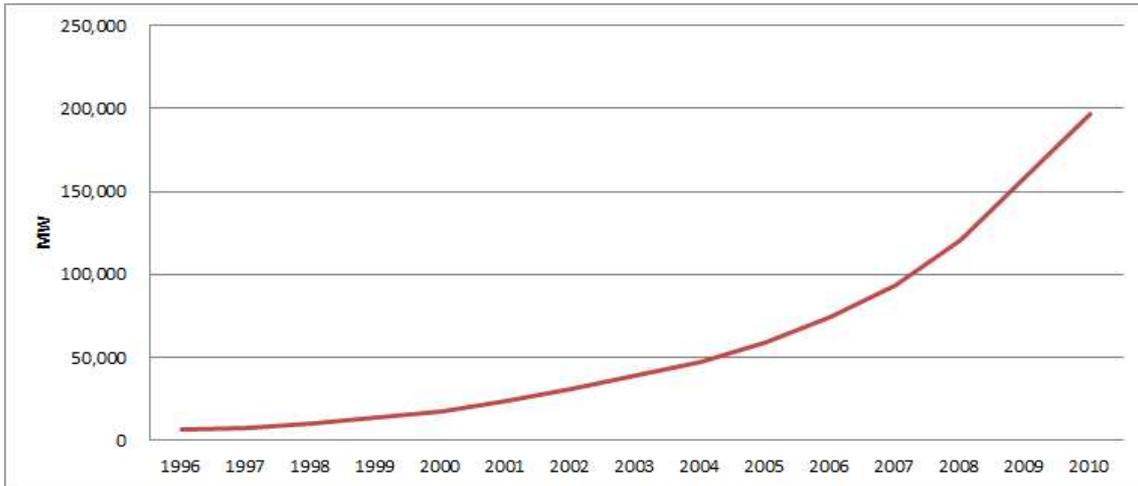


그림 2. 전세계 2010년말 현재 풍력발전 누적설치량
(출처: GWEC. 2011.)

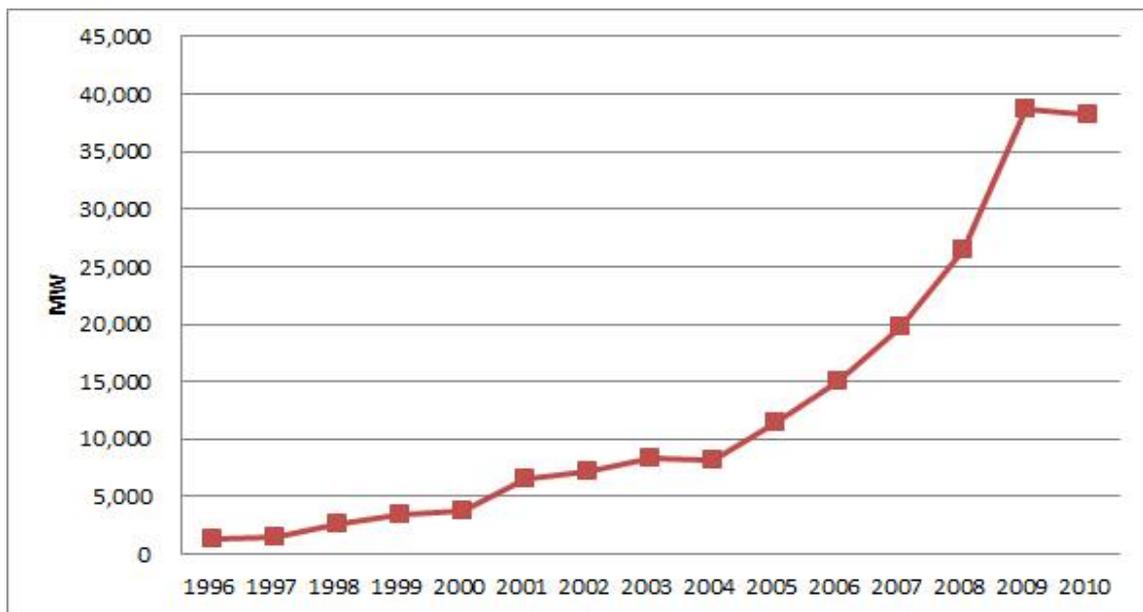


그림 3. 전세계 풍력발전 연도별 신규설치량
(출처: GWEC. 2011.)

국가별 2010년 신규 풍력발전 설치용량 순위와 2010년말 현재 누적풍력발전 설치용량 순위는 표2 및 표3과 같다. 국가별로는 중국이 미국을 제치고 2010년 신규설치량 및 누적설치량 1위를 차지하고 있다. 2010년에 신규 설치된 풍력발전에서 중국은 19GW가 설치되어 전세계 신규 풍력설치량의 약 50%를 차지하고 있다. 누적설치량에서 중국 미국에 이어 독일, 스페인, 인도가 뒤따르고 있으며 전세계 10위에 속하는 10개 국가가 전세계 풍력발전 설치량에서 차지하는 비중은 86.4%이다 (GWEC. 2011.).

표 2. 2010년 국가별 풍력설치량

국가	2010년 설치량(MW)	비중(%)
중국	18,928	49.5
미국	5,115	13.4
인도	2,139	5.6
스페인	1,516	4.0
독일	1,493	3.9
프랑스	1,086	2.8
영국	962	2.5
이탈리아	948	2.5
캐나다	690	1.8
기타	4,785	12.5
Total TOP 10	33,481	87.5
World Total	38,266	100.0

(출처: GWEC. 2011.)

표 3. 2010년말 현재 국가별 누적풍력설치량

국가	2010년말 현재 누적설치량(MW)	비중(%)
중국	44,733	22.7
미국	40,180	20.4
독일	27,214	13.8
스페인	20,676	10.5
인도	13,065	6.6
이탈리아	5,797	2.9
프랑스	5,660	2.9
영국	5,204	2.6
캐나다	4,009	2.0
기타	26,749	13.6
Total TOP 10	170,290	86.4
World Total	197,039	100.0

(출처: GWEC. 2011.)

3. 국내기업의 해외투자현황

한국의 해외직접투자는 1968년부터 시작된 이후 정부의 외환규제 정책 등으로 제한적으로 이뤄졌으나, 1990년대 들어 원화 평가절상, 막대한 무역수지 흑자 및 정부의 규제 완화로 인해 큰 폭으로 확대되었다. 아시아 외환위기 여파로 등락을 반복하던 한국의 해외직접투자는 세계경제 호황 및 정부의 해외투자 활성화 정책과 맞물려 2006년 최초로 100억 달러를 돌파한데 이어 1년만인 2007년 200억 달러를 돌파하는 가파른 증가세를 보였다. 그러나, 2008년 하반기부터 시작된 세계 경기침

체의 영향으로 증가세가 둔화되다가 2009년 들어 감소하는 양상을 보였다. 하지만 2010년에는 회복세를 보였고 2011년에는 250억 달러를 상회하는 수치를 보였다.

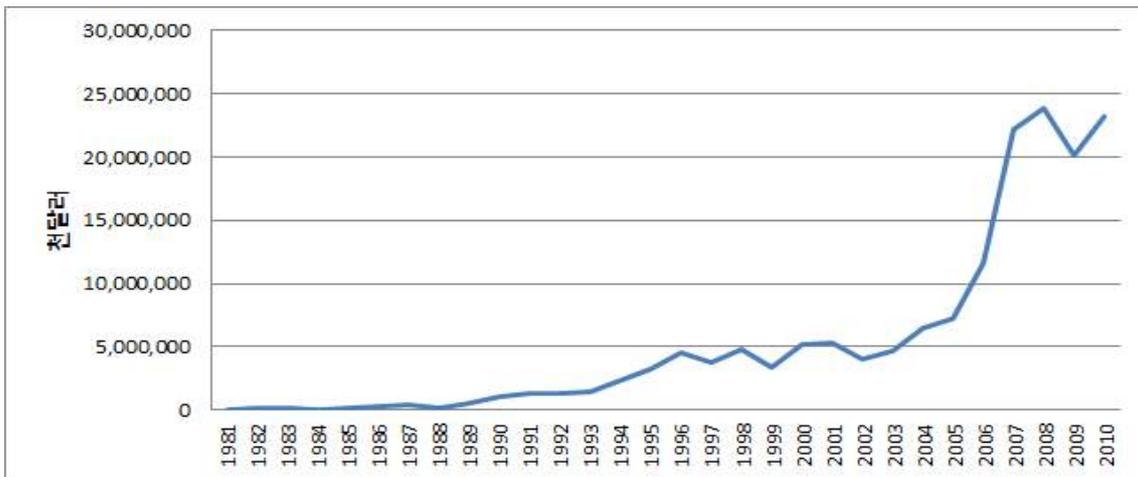


그림 4. 연도별 한국의 해외직접투자 추이
(출처: 한국수출입은행 해외경제연구소, 2012.)

한편, 2010년까지 국가별 누적투자현황을 보면 미국에 대한 투자가 총 투자금액 370억 달러로서 1위를 차지하고 있고 이어서 중국, 홍콩, 영국 등이 2, 3, 4위를 차지하고 있다.

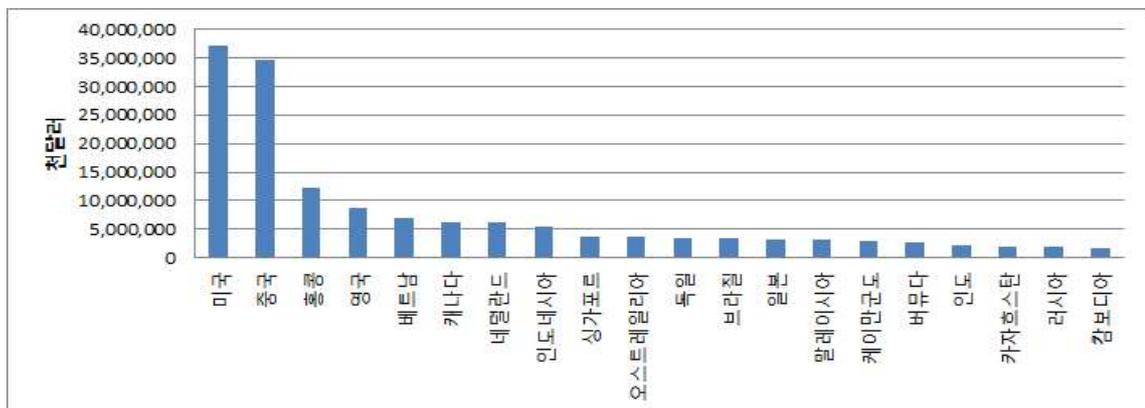


그림 5. 국가별 해외직접투자누계금액
(출처: 한국수출입은행 해외경제연구소, 2012.)

4. 분석 대상 국가별 환경 분석

가. 중국

중국의 전력산업은 5대 발전회사와 에너지회사, 지방정부 등이 발전에 있어서 서로 경쟁하는 구조를 가지고 있다. 하지만 송전과 배전은 관영 또는 국영회사에서 독점하는 체제를 유지하고 있다. 전력요금은 국가발전개혁위원회에서 결정하며 석탄가격 평균 인상폭에 근거해 전기송출비용과 전기요금을 산출한다. 최근 전력 공급난을 겪고 있으며 석탄을 대신할 에너지원으로 재생에너지 및 원자력의 이용을 확대하고 있다. 2009년 기준 3,681TWh의 전력생산량 중 화력발전이 81.8%를 차지하고 있고 수력발전과 원자력발전이 각각 15.5%와 1.9%를 차지하고 있다 (지식경제부·전력거래소, 2011.).

중국의 풍력자원은 매우 풍부하나 각 지역별 상이한 풍력자원량 및 기술적·경제적 조건 때문에 풍력발전의 개발은 주로 내몽고와 북서쪽, 북동쪽, 허베이지역 및 남동쪽 해안과 해상 섬지역에 집중되었다. 연도별 풍력발전 설치량을 보면 2006년과 2009년 사이에 매년 2 배씩 설치량이 증가하였고 2009년 이후 연간 설치량 및 2010년 현재 누적 설치량이 44.7GW로서 전세계적으로 누적설치량 1위를 차지하고 있다(GWEC, 2011.).

한편 중국정부는 2020년까지 138GW의 풍력 발전을 설치하는 계획을 가지고 있다. 2006년과 2007년의 법령정비를 통하여 2010년에는 수력 발전을 제외한 신·재생에너지 발전량이 전체 발전의 1%, 2020년에는 3% 비중을 차지하도록 하는 목표를 설정한

바 있다. 2009년에는 전력망 사업자들이 특정량의 전력을 신·재생에너지로부터 구입하도록 하는 법을 마련하였고 특히 2009년부터 발전차액지원제도(Feed-in Tariff)를 마련하여 향후 20년 동안 지역에 따라 0.51 RMB/kWh(EUR 5.7 cents)에서 0.61 RMB/kWh(EUR 6.8 cents)의 구매단가를 적용하도록 하였다(GWEC, 2011.).

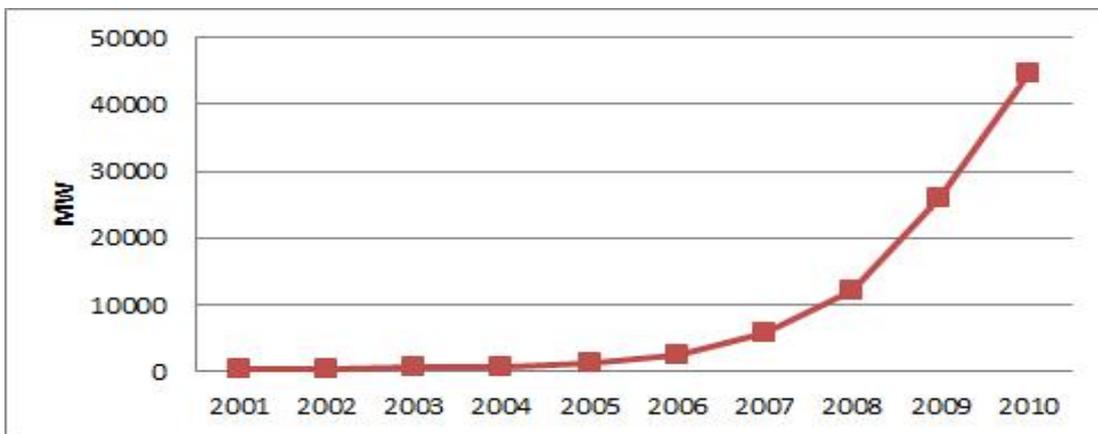


그림 6. 중국의 풍력발전 누적 설치용량 추이

(출처: GWEC, 2011.)

중국에서는 2008년부터 외국법인과 국내법인에게 동일한 단일세율이 적용된다. 법인세율은 25%이나 특정조건이 충족되는 회사 중 낮은 수익을 보이는 기업에 대해서는 20%, 하이테크사업에 대해서는 15%의 세율이 적용된다(KPMG, 2011.).

나. 미국

미국의 전력산업은 공영기업과 민간기업이 발전과 배전에 있어서는 독점과 경쟁을 병행하고 있으며 송전의 경우에는 독점체제를 유지하고 있다. 전력요금과 관련하여

주(state)별로 가격체계는 상이하며 소매요금은 주규제위원회에서 관할하고 도매요금은 연방규제위원회에서 관할하고 있다. 최근 셰일가스(shale gas) 채굴량 증대로 인하여 천연가스가격이 급격히 하락하였으며 이로 인해 가스발전설비의 건설계획이 증가할 것으로 예상된다. 한편 원전과 관련해서는 안전성을 최고로 고려하면서 원전을 지지하는 정책은 지속될 것으로 전망된다. 2010년 기준 전력생산량 4,120TWh 중 석탄발전이 차지하는 비중은 44.9%이며 가스발전, 원자력발전, 수력발전, 신·재생에너지발전이 각각 24.1%, 19.6%, 6.2%, 4.1%를 차지하고 있다(지식경제부·전력거래소, 2011.).

미국에는 2009년에 예측가능한 연방세 정책으로 인하여 10,000MW가 넘는 풍력발전소가 건립되었다. 하지만 2010년의 경우 그 추세가 약화되어 약 5,115MW가 건설되었으며 총 건설 규모에 있어서 중국에 추월당하게 되었다. 미국내에서의 건설비용은 현저히 하락하여 최근 체결된 전력구매계약에서는 kWh당 5~6센트 수준으로서 천연가스 발전소와 경쟁할 수 있는 수준에 도달하였다(GWEC, 2011.).

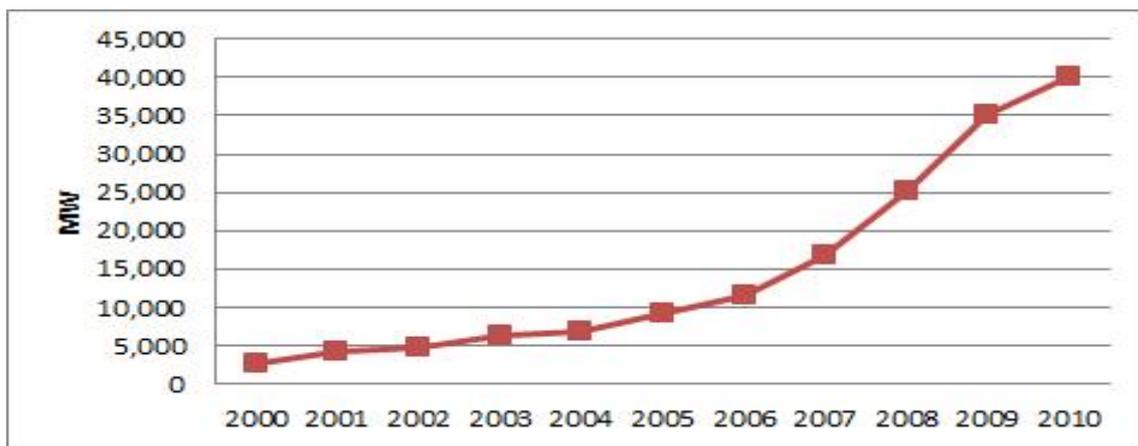


그림 7. 미국의 풍력발전 누적 설치용량 추이
(출처: GWEC, 2011.)

미국의 최고 한계법인세율은 2011년 현재 USD 18,333,333를 초과하는 분에 대해서

35%가 적용된다. 주정부는 1~12%에 해당하는 소득세를 추가로 부가하며 평균적으로 최고한계세율은 7.5%를 차지하고 있다. 기업은 연방법인세 산정시 주에 납부한 세액을 세무상 비용으로 산입할 수 있으며 이로 인해 실제 유효세율은 약 40% 정도가 된다(KPMG. 2011.).

다. 독일

독일의 전력산업은 발전과 송전부문에 있어서는 대규모 민간업체가 경쟁하는 체제를 갖추고 있으며 배전에 있어서는 소규모 민간회사가 경쟁하는 체제이다. 전력거래는 장외거래가 대부분을 차지하고 있다. 대형전력회사의 시장지배력이 강화되고 있으며 2022년까지 모든 원자료를 폐쇄할 계획이다. 2010년 기준 621TWh의 전력생산량 중 석탄발전이 43.56%를 차지하고 있으며 원자력, 가스발전, 신·재생에너지발전이 각각 22.64%, 13.60%, 18.49%를 차지하고 있다(지식경제부·전력거래소. 2011.).

독일은 유럽에서 풍력발전소가 가장 많이 설치된 나라이다. 2010년말 현재 27GW가 설치되었고 2010년에도 금융위기 등으로 2009년보다 약간 줄어들기는 했으나 약 1,493MW가 설치되었다. 2010년에 생산된 전력의 약 6.2%를 풍력발전이 차지하고 있으며 신·재생에너지 발전에서 풍력발전이 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 독일의 어떤 주의 경우 전체 발전에서 풍력발전이 차지하는 비중이 40%를 상회하는 곳도 있다. EU Renewable Energy Directive에 따르면 독일은 2020년까지 전체 에너지소비량 중에서 신·재생에너지가 차지하는 비중을 18%, 전체 전력소비에서 신·재생에너지가 차지하는 비중을 38.6%로 계획하고 있다.

풍력발전과 관련한 발전차액지원제도는 1991년부터 존속되어 왔다. 2000년부터 시행된 Renewable Energy Sources Act(EEG)는 생산된 전력에 대한 발전차액을 지원하고 계통에 우선 연계할 수 있는 권리를 부여하는 등의 내용을 담고 있다.

EEG는 현재의 시장상황과 기술진보를 반영하기 위해 정기적으로 개정이 되고 있다. Initial tariff는 최소 5년에서 최대 20년까지 고정되어 주어지고 이후 base tariff까지 줄어들게 된다. 2009년 1월부터 시행된 EEG는 initial tariff가 EUR 9.2cent/kWh에서 8.7cent/kWh정도 이고 base tariff는 5.02cent/kWh이다. 신규 설치분에 대한 initial tariff는 연1%씩 감소하여 적용되게 된다.

해상풍력의 경우에는 13cent/kWh의 initial tariff에 2015년 이전에 운영을 시작하는 경우에 2cent/kWh의 sprinter bonus가 주어진다. 이 요율은 12년간 지속되며 이후 kWh당 3.5cent로 줄어들게 된다(GWEC. 2011.).

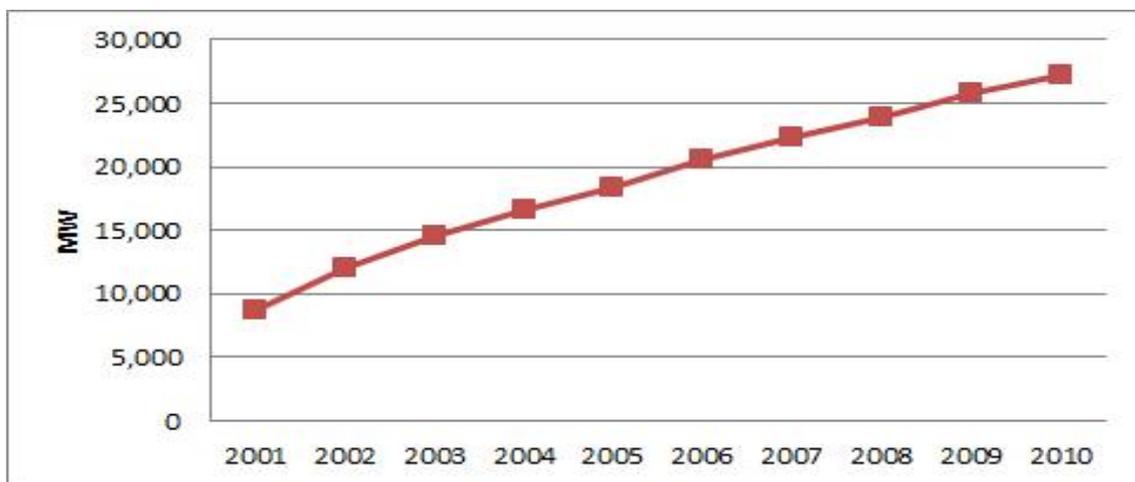


그림 8. 독일의 풍력발전 누적 설치용량 추이
(출처: GWEC. 2011.)

독일에서 법인이 부담할 소득세는 15%에 해당하는 법인세와 0.825%의 solidarity surcharge, 지역에 따라서 7~17.15%가 부과되는 local trade tax로 나누어질 수 있다. local trade tax는 세무상 비용으로 공제받지 못한다. 독일의 세율은 평균적으로 29.37%이다(KPMG. 2011.).

라. 영국

영국의 전력산업은 발전의 경우는 민간기업의 경쟁체제이며 송전과 배전의 경우는 지역적 독점체제이다. 전력요금의 경우 zone별로 상이하며 발전은 20개 zone, 수요측은 14개 zone별로 요금이 차등 적용된다. 신·재생에너지, 원자력을 포함해 대규모 투자를 유인하기 위해 대대적인 전력시장개혁을 진행 중에 있다(지식경제부·전력거래소, 2011.).

2010년 한해 동안 40개의 신규 풍력발전소 프로젝트가 시작되었고 총 962MW 규모의 건설이 이루어져 총 누적건설규모가 5,204MW를 차지하게 되었다. 2010년 12월에 신·재생에너지에서 생산되는 전력은 영국 전체 생산량의 약 8.6%에 이르게 되었다. 영국에는 1,341MW 규모의 해상풍력이 설치되었고 영국은 해상풍력에 있어서 선도적인 국가이다. 다른 1,154MW의 해상풍력발전 프로젝트가 진행중에 있다.

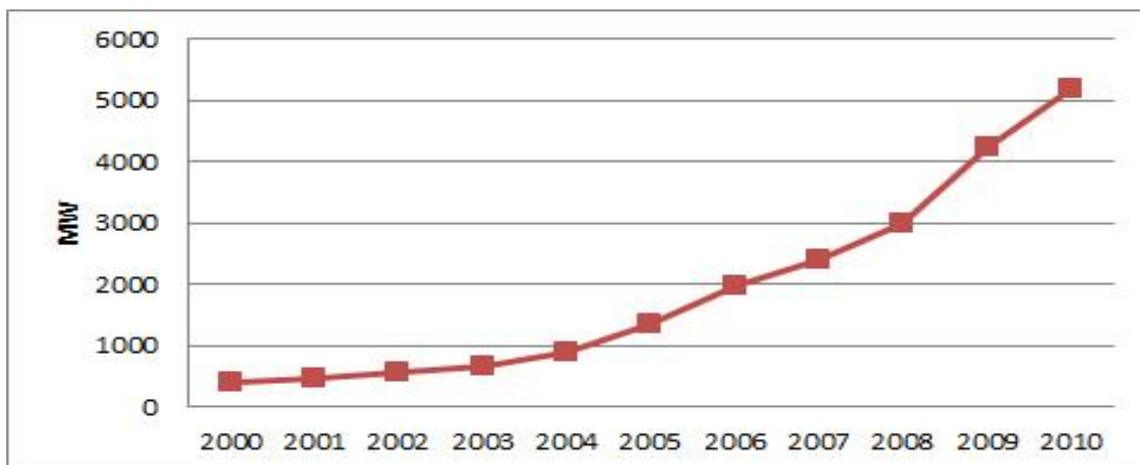


그림 9. 영국의 풍력발전 누적 설치용량 추이
(출처: GWEC, 2011.)

2002년 4월 이후 영국의 Renewables Obligation (RO)은 풍력발전을 성장시키는

주요 재무적 수단이 되어 왔다. RO는 전력공급자에게 전력생산량의 일정 부분을 신·재생에너지로부터 생산하도록 규정하고 있다. 신·재생에너지에서 전력을 공급하는 사업자는 생산된 전력당 일정량의 Renewables Obligation Certificates (ROCs)를 받게 되고 이것은 전력공급자에게 매각될 수 있다. 2010년의 의무량은 10.4%이며 그 해 동안 2.3백만 ROCs가 육상 및 해상풍력 프로젝트에서 발행되었다. 2010년 4월에 정부는 5MW 규모까지의 신·재생에너지 프로젝트에 대해서 발전차액지원제도를 도입하였다. 요율은 1.5kW 규모 이하의 프로젝트에 대해서는 34.5 pence (EUR 41 cents, USD 56 cents)를 적용하고 1.5kW~5MW 규모의 프로젝트에 대해서는 4.5 pence (EUR 5.3 cents , USD 7.3 cents)를 적용하도록 하였다. 2010년 6월 신정부의 Annual Energy Statement는 에너지 및 기후변화 정책을 발표하였고 이는 영국의 에너지정책에 대한 신뢰를 주기에 충분하였다. 계획에 따르면 영국은 2020년에 전체 에너지소비량 중 15%를 신·재생에너지에서 조달하도록 하였다(GWEC. 2011.).

영국에서는 2011년 4월부터 26%의 법인세율이 적용되며 매년 1%씩 하락하여 2014년에는 23%의 세율로 하락하게 된다(KPMG. 2011.).

제3장 선행연구 및 RETScreen 모형 연구

1. 선행연구

선행연구를 통해서 볼 때 국내의 논문 중 풍력발전 프로젝트에 대해서 분석한 사례는 주로 프로젝트 자체의 기술적 측면 즉 풍력발전량을 측정하는 것에 중점을 두고 있다. 또한 해외의 논문사례를 보아도 개별적인 한 개의 프로젝트에 대한 분석이 주를 이루고 있다. 풍력발전의 경제성평가와 관련하여 작성된 국내 논문의 경우 예를 들어 보면 신·재생에너지 중 풍력, 태양광, 소수력, 바이오매스 등 서로 다른 신·재생에너지원에 대해서 국내의 기술현황, 시장현황, 정책지원현황, 개발목표를 선정하여 그 타당성을 평가하고 경제성을 분석한 논문과(김종민·김기영, 2008.) 국내에서 해상풍력단지 5개에 대해서 풍력밀도, 풍속, 파고, 파주기, 조류유속, 최대파고, 최대파주기, 최대조류유속, 변전소의 개수 등을 비교분석하여 입지조건을 비교 분석한 논문(김현구·황효정, 2010.), 또한 건설 중인 대관령 풍력발전 단지의 풍력 발전 관련 풍속의 분포 및 풍력 발전량을 검토하고, 대관령 풍력발전의 경제성을 분석한 논문이 있다(하정우·김수덕, 2005.). 해외 논문의 경우에도 대부분이 한 개의 풍력프로젝트에 대한 분석이 주를 이루고 있다(Wagner Sousa de Oliveira·Antonio Jorge Fernandes, 2012 등).

결론적으로 본 논문에서 다루고자 하는 주제인 해외직접투자를 목적으로 몇 개 국가에 투자하고 그 타당성을 비교 분석한 사례는 찾기 어려웠다.

2. RETScreen 풍력발전 프로젝트 모델 연구

RETScreen모델은 전세계적으로 다양한 형태와 다양한 용량의 풍력발전 프로젝트에서 에너지의 생산, 프로젝트 전체기간의 비용, 온실가스의 배출량 등의 산정을 통해 프로젝트의 경제성을 쉽게 평가하는데 사용할 수 있다.

RETScreen은 일반적으로 그림 10에 나타난 것과 같이 다섯 단계에 의해서 프로젝트를 분석한다.



그림 10. Five Step Standard Analysis of RETScreen

(출처: RETScreen software)

가. START-Settings & Site Conditions

Start worksheet는 프로젝트의 일반적인 정보와 기후와 관련한 조건들을 입력하는데 이용된다. 또한, 분석을 시행하기 위한 표준적인 사항을 정하는데 이용된다.

이 worksheet에서는 Project type과 Technology, Grid Type, Analysis Type 그리고 Heating value reference를 선택할 수 있다. Project type은 Power, Heating, Cooling, Combined heating and cooling 등을 선택할 수 있으며 Technology의 경우는 풍력, 태양광, 조력 등 상세한 기술을 선택할 수 있고 Grid type은 Central Grid,

Isolated grid, off-grid 방식을 선택할 수 있다. Analysis Type은 Method 1과 Method 2를 선택하는 것이 가능한데 Method 1을 선택할 경우 RETScreen4 엑셀화일의 'Energy Model' 만이 열리게 되며 약식의 프로젝트 경제성에 대한 분석이 가능하다. 좀 더 세밀한 데이터를 분석하기 위해서 Method 2를 선택해야 하는데 차입금 조달에 따른 효과 및 법인세가 프로젝트에 미치는 효과 등은 Method 2를 선택해야 분석이 가능하다. Heating value reference에 있어서 Heating value는 연료가 완전히 연소되었을 경우 방출된 에너지를 측정한 것으로서 Higher heating value와 Lower heating value를 선택할 수 있다. 연소물질이 압축되고 스팀이 물로 전환되는 것을 가정하는 것이 Higher heating value이고 증기 상태에 머물러 있는 상태를 가정하여 측정한 것을 Lower heating value라 한다. Higher heating value는 일반적으로 미국과 캐나다에서 사용되며 Lower heating value는 나머지 국가에서 사용된다(RETScreen4 Software 도움말).

한편, RETScreen상 각 위치별 기상자료에는 위도와 경도, 고도 및 해당 위치에서의 최소온도를 나타내는 Heating design temperature, 최대온도를 나타내는 Cooling design temperature, Heating design temperature와 Cooling design temperature간 차이의 1/2을 나타내는 Earth temperature amplitude 등의 정보가 주어진다. 또한, 각 월별로 공기의 온도, 상대습도, 일별태양복사량, 대기압, 지상 10m 높이에서 측정한 바람의 속도와 지상에서 측정한 온도가 나타나 있다. 한편, Heating degree-days와 Cooling degree-days에 대한 정보가 주어지는데 Heating degree days는 온도가 18°C 이하인 월별 온도와 날짜의 곱의 합계를 말하며 Cooling degree-days는 온도가 10°C 이상인 월별 온도와 날짜의 곱의 합계를 말한다.

나. STEP 1 - Energy Model

이 단계에서는 각종 풍력자료를 활용하여 연도별 에너지 생산량을 계산한다.

RETScreen에서 풍속분포함수는 식 (1)과 같은 Weibull 확률분포함수를 사용한다.

때때로 Weibull 확률분포함수 중 shape factor가 2인 Rayleigh 풍속분포함수를 사용하기도 한다.

$$p(x) = \left(\frac{k}{C}\right)\left(\frac{x}{C}\right)^{k-1}\exp\left[-\left(\frac{x}{C}\right)^k\right] \quad (1)$$

- * p(x) : 풍속 x가 발생할 확률
- * k : shape factor(1~3 사이의 값으로 풍력 밀도와 연관)
- * C는 scale factor로서 식 (2)에 의해서 산정된다.

$$C = \frac{\bar{x}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)} \quad (2)$$

- * \bar{x} : 터빈 허브에서의 풍속, Γ : gamma 함수³⁾

터빈허브에서의 풍속은 실제 풍속측정 높이와 터빈허브의 설치 높이가 상이하므로, 이에 대한 보정이 필요하며, 식 (3)과 같은 식으로 계산 된다.

$$V_h = V_m \left(\frac{H_h}{H_m}\right)^a \quad (3)$$

- * V_m : 측정위치에서의 풍속
- * H_h : 터빈 허브의 높이
- * H_m : 측정위치의 높이
- * a : wind shear exponent(0.1~0.4 사이의 값으로 지형에 연관)

위 식의 결과로 나온 풍속별 확률과 장비 제작사가 제공한 풍력발전기의 출력

3) z 값이 0보다 클 경우 $\Gamma(z) = \int_0^{\infty} t^{z-1}e^{-t}dt$ 로 정의

특성 P_x 및 연간 시간을 곱하면, 식 (4)와 같이 압력, 온도, blade icing 손실 등을 보정하지 않은 연간 발전량을 구할 수 있다.

$$E = 24 \times 365 \times \sum_{x=0}^{25} P_x p(x) \quad (4)$$

- * E : 보정하지 않은 연간 전력 생산량
- * P_x : 풍속 x 에서의 터빈 출력(kW)
- * $p(x)$: 풍속 x 가 발생할 확률

여기에 압력, 온도, blade icing 손실 등을 보정한 연간 풍력발전량은 식 (5)와 같이 계산되고 이 값이 실제 생산된 전력량으로 재생(renewable)에너지이고 이 모델의 경제성 분석에 사용된다.

$$E_{re} = E \frac{P_m}{P_s} \frac{T_s}{T_m} (1 - \lambda_a)(1 - \lambda_i)(1 - \lambda_d)(1 - \lambda_m) \quad (5)$$

- * P_m : 설비운영지점의 년 평균 대기압(kPa)
- * P_s : 표준 대기압(103.3 kPa)
- * T_m : 설비운영지점의 년 평균 절대온도(ok)
- * T_s : 표준절대 온도(288.1ok)
- * λ_a : 풍력 터빈 배열 손실률(0~20%)
- * λ_i : 풍력 터빈 blade에 결빙 또는 분진 흡착으로 인한 손실률(0~10%)
- * λ_d : 설비보수 등으로 인한 정지 손실률(2~7%)
- * λ_m : 터빈의 기동 등 시 발생하는 손실 등의 기타 손실률(2~6%)

다. STEP 2 - Cost Analysis

이 단계에서는 초기, 연간 혹은 주기적으로 발생하는 원가에 대해서 입력한다. 초기 비용의 경우는 초기 투자비를 말하며 풍력발전기 부품의 구입비용, 타당성조사 비용, Engineering 비용 등으로 구분할 수 있다. 연간 운영비의 경우 인건비와 기타 비용으로 구분할 수 있으며 사용자의 선택에 따라 비용을 인플레이션율 등에 따라 매년 상승하는 것으로 가정할 수 있다.

라. STEP 3 - Emission Analysis

이 단계에서는 사용된 기술에서 매년 저감 가능한 온실가스의 양을 산정한다. base case와 proposed case를 비교하여 새로운 기술을 적용함으로써 저감 가능한 온실가스량을 산정하게 된다.

마. STEP 4 - Financial Analysis

이 단계에서는 이전의 발전량 및 온실가스저감량과 인플레이션율, 부채사용비율 및 이자율, 세금 등을 감안하여 프로젝트의 투자가능성 여부를 판명한다.

바. STEP 5 - Sensitivity & Risk Analysis

이 단계에서는 투자비 혹은 연간 운영비의 변동 등의 요인에 의한 수익률의 변화를 분석할 수 있다.

제4장 RETScreen을 활용한 타당성 분석

1. 사업성 분석

RETScreen 소프트웨어에는 다양한 형태의 신·재생에너지 프로젝트에 대한 Template와 Case studies 자료들이 내장되어 있다. 이러한 자료들은 실제로 건설된 신·재생에너지 프로젝트의 기술 및 재무적인 데이터를 기초로 작성된 것이다. 이러한 자료들은 Power, Energy efficiency measures, Heating, Cooling, Combined heating & power 등으로 구분할 수 있는 Project type과 이를 좀 더 세부적으로 구분하는 Type, 그리고 Project location, Climate data location 그리고 Project name으로 구분되어 있어 다양한 형태의 프로젝트를 분석해 볼 수 있다. 이러한 Case Studies 중에서 Project type은 Power, Type은 Wind turbine, Project location은 미국, Climate data location은 Pasco시, Project name은 63,700kW를 선택하여 분석을 실시하고자 한다.

가. 프로젝트 정보

각 국가의 풍력발전소에는 1.3MW 규모의 wind turbine 50대를 설치하는 것으로 가정하였다. 각 국가별로 풍력발전소가 건설되는 위치는 RETScreen 소프트웨어의 'START' 화면에서 지역을 선택하는 것이 가능한 'Select climate data location' 메뉴에서 각 국가별로 선택 가능한 지역 중 알파벳순으로 가장 순위가 높은 곳을 선택하였다. 그 이유는 본 논문에서 선정한 각 국가별로 건설되는 풍력발전소가 실제의

풍력발전소가 아닌 가상의 프로젝트이므로 각 국가별로 위치를 특정하는 것이 큰 의미가 없다고 판단했기 때문이다. 선택된 각 국가별 프로젝트의 위치는 표 4와 같다. 모두 북반구에 위치하고 있으며 프로젝트의 위도는 영국이 가장 높고 중국이 가장 낮은 곳에 위치하고 있다.

표 4. 각 국가별 프로젝트 설치 위치

국가	주	도시	위도	경도
중국	Anhui	Anqing	북위 30.5도	동경 117.1도
미국	Alabama	Andalusia	북위 31.3도	서경 86.5도
독일	-	Aachen	북위 50.8도	동경 6.1도
영국	-	Aberdaron	북위 52.8도	서경 4.7도

(출처: RETScreen software)

RETScreen 소프트웨어의 ‘START’ 화면에서 Grid Type은 중앙의 계통에 연계 되는 Central Grid 방식을 선택하였으며 Analysis Type은 좀 더 세밀한 데이터를 분석하기 위해서 Method 2를 선택하였다. 전체 worksheet 중 또한 Heating value reference의 경우 연소물질이 압축되고 스팀이 물로 전환되는 것을 가정하는 Higher heating value를 선택하였다.

나. 기상 관련 자료

RETScreen상 각 위치별 기상자료에는 위도와 경도, 고도 및 온도, 풍속 등 다양한 기상정보가 주어진다. 각 프로젝트 위치별 주요 기상정보는 표 5와 같다. 고도는

독일의 풍력발전소가 가장 높았고 공기온도의 경우 고도가 높은 독일의 경우가 가장 낮았다. 풍력에너지에 영향을 가장 크게 미치는 풍속의 경우 영국이 가장 높았으며 공기압의 경우에는 미국과 영국의 경우가 상대적으로 높았다.

표 5. 각 프로젝트별 주요 기상정보

구분	중국	미국	독일	영국
위도(°N)	30.5	31.3	50.8	52.8
경도(°E)	117.1	-86.5	6.1	-4.7
고도(m)	20	104	202	94
공기온도(°C)	17.3	18.8	10.1	10.6
상대습도(%)	74.6	68.2	75.9	84.8
태양복사 (kWh/m ² /d)	3.66	4.52	2.82	2.99
공기압(kPa)	99.6	100.9	98.8	100.5
풍속(m/s)	2.9	3.3	3.3	7.8
지상온도(°C)	16.4	18.9	9.8	10.5

(출처: RETScreen software)

다. 발전량 산정

동 프로젝트는 지상 60m의 높이에 1.3MW 규모의 wind turbine 50기를 설치하는 것이다. 발전기의 제조사는 Siemens이고 Rotor의 직경은 62m이다. Wind turbine과 관련한 상세한 내역은 표6과 같다.

RETScreen에서 풍속분포함수는 식 (1)⁴⁾과 같은 Weibull 확률분포함수를 사용하며 때때로 Weibull 확률분포함수 중 shape factor가 2인 Rayleigh 풍속분포함수를 사용하기도 하는데 동 프로젝트의 분석시에도 이 가정을 사용하였다.

터빈허브에서의 풍속은 실제 풍속측정 높이와 터빈허브의 설치 높이가 상이하므로, 이에 대한 보정이 필요하며, 식 (3)⁵⁾과 같은 식으로 계산된다. 동 프로젝트에서는 풍속의 측정은 10m에서 이루어졌으며 풍력발전기는 60m의 높이에 설치가 이루어지게 된다. 한편 wind shear exponent는 0.16을 적용하였다.

표 6. Wind turbine 상세 내역

구분	단위	내역
Power capacity per turbine	kW	1,300
Manufacturer		Siemens
Model		AN BONUS 1.3MW-60m
Number of turbine	대수	50
Power capacity	kW	65,000.0
Hub height	m	60.0
Rotor diameter per turbine	m	62
Swept area per turbine	m ²	3,019

(출처: RETScreen software)

4) page 21

5) page 21

한편, 식 (5)⁶⁾에서 λ_a (풍력 터빈 배열 손실률(0~20%)), λ_i (풍력 터빈 blade에 결빙 또는 분진 흡착으로 인한 손실률(0~10%)), λ_d (설비보수 등으로 인한 정지 손실률(2~7%)), λ_m (터빈의 기동 시 발생하는 손실 등의 기타 손실률(2~6%))을 선택할 수 있는데 동 가정에서는 Case studies의 가정을 그대로 사용하여 상기의 값에서 λ_a 는 3%, λ_i 는 2%, λ_d 는 3%, λ_m 은 2%를 적용하였다.

상기 가정에 따라 산정된 각 프로젝트별 발전량은 표7과 같다.

표 7. 각 프로젝트별 발전량

국가	주	도시	발전량(MWh)
중국	Anhui	Anqing	162,868
미국	Alabama	Andalusia	164,166
독일	-	Aachen	165,776
영국	-	Aberdaron	168,199

라. 초기 투자비

초기 투자비는 표8과 같이 Feasibility Study비용, Development비용, Engineering 비용과 Power system비용, 기타비용으로 나누었으며 그 값은 Case studies에 내재된 자료를 활용하였다. 전체 초기투자비는 약 81백만원이며 그중 wind turbine이 차지하는 비율이 74.91%로서 가장 높다.

6) page 22

표 8. 초기 투자비 내역

구분	초기 투자비(미국 달러)	상대 비율
Feasibility study	245,200	0.30%
Development	835,500	1.03%
Engineering	610,500	0.76%
Power system		
Wind turbine	60,515,000	74.91%
Road construction	425,000	0.53%
Transmission line	595,000	0.74%
Substation	2,055,000	2.54%
Sub-total:	63,590,000	78.71%
기타	15,507,459	19.20%
합계	80,788,659	100.00%

마. 연간 운영비

연간 운영비는 노무비 등 Case studies의 자료를 활용하였고 Contingencies 비용을 감안하여 연 3,085,571 달러로 가정하였다. 또한, 매년 인플레이션율에 따라 상승하는 것으로 가정하였다.

바. 탄소배출권

각 국가별로 상황이 다르고 또한 최근 배출권 가격과 관련한 불확실성이 커진 만큼 배출권에 대한 사항은 평가에 반영하지 아니하였다.

사. 전력판매단가

전력판매단가와 관련하여 4개 대상국가의 전력판매단가는 표9와 같다.

표 9. 모델 적용 전력단가

국가	전력판매단가(\$/MWh)	출처
중국	94	GWEC Annual Report 2010
미국	50	GWEC Annual Report 2010
독일	125	GWEC Annual Report 2010
영국	73	GWEC Annual Report 2010

아. 법인세

향후의 변동가능성 등을 감안하여 표10과 같이 과거 3년치의 평균을 사용하였다.

표 10. 모델 적용 법인세율

구분	2009	2010	2011	평균
중국	0.250	0.250	0.250	0.250
미국	0.400	0.400	0.400	0.400
독일	0.294	0.294	0.294	0.294
영국	0.280	0.280	0.280	0.280

(출처: KPMG, 2011.)

법인세 산정시 자산에 대한 감가상각방법은 RETScreen상 가정인 22년 정액법을 적용하였다. 또한 세무상 누적결손금에 대해서는 이후의 법인세금액에서 이월공제가 가능한 것으로 가정하였다.

자. 인플레이션

표11과 같이 과거 3년의 평균치를 인플레이션율로 하여 운영비가 매년 인플레이션율만큼 상승하는 것으로 가정하였다.

표 11. 모델 적용 인플레이션율

구분	2009	2010	2011	평균
중국	-0.7%	3.2%	5.0%	2.5%
미국	-0.3%	1.6%	2.4%	1.2%
독일	0.8%	1.8%	2.4%	1.7%
영국	2.2%	3.3%	4.5%	3.3%

(출처: 한국수출입은행 해외경제연구소, 2011.)

차. 부채조달이자율

최근 대규모의 자금이 소요되는 국내 발전 프로젝트의 경우 국내 금융시장에서 조달 가능한 부채이자율은 고정이자율의 경우는 국고채+2% 수준, 변동금리의 경우는 국고채 +3% 수준이다. 이러한 상황을 감안하여 각 국가별로 조달 가능한 부채이자율은 각 국가별 10년 만기 국고채이자율에 2.5%를 가산한 것으로 가정하였으며 각 국가별 내역은 표12와 같다.

표 12. 모델 적용 부채이자율

국가	부채이자율	국고채수익률
중국	5.90%	3.40%
미국	3.95%	1.45%
독일	3.67%	1.17%
영국	4.03%	1.53%

(출처: Bloomberg 2012.6.1.)

카. 부채조달가능액 및 상환방식

전체 투자금액의 70%를 부채로 조달 가능한 것으로 가정하였다. 또한 부채는 RETScreen상 Case Studies에서 실제 적용한 프로젝트의 내용연수인 22년 동안 균등 상환하는 것을 가정하였다.

타. 입력자료의 정리

상기의 입력자료를 요약하면 표 13 과 같다.

표 13. 입력자료의 정리

구분	중국	미국	독일	영국
주	Anhui	Alabama	-	-
도시	Anqing	Andalusia	Aachen	Aberdaron
위도(°N)	30.5	31.3	50.8	52.8
경도(°E)	117.1	-86.5	6.1	-4.7
고도(m)	20	104	202	94
공기온도(°C)	17.3	18.8	10.1	10.6
상대습도(%)	74.6	68.2	75.9	84.8
태양복사(kWh/m ² /d)	3.66	4.52	2.82	2.99
공기압(kPa)	99.6	100.9	98.8	100.5
풍속(m/s)	2.9	3.3	3.3	7.8
지상온도(°C)	16.4	18.9	9.8	10.5
발전량(MWh)	162,868	164,166	165,776	168,199
전력단가(\$/MWh)	94	50	125	73
법인세율(%)	25	40	29.4	28
인플레이션율(%)	2.5	1.2	1.7	3.3
부채이자율(%)	5.90	3.95	3.67	4.03
국고채수익율(%)	3.40	1.45	1.17	1.53

제5장 분석 결과

1. 분석 대상 국가별 환경분석 결과

각 국가별 누적 풍력발전 설치 추세를 보면 그림 11과 같다. 2006년 이전에는 독일의 설치 용량이 가장 컸으나 그 이후에 미국의 설치 용량이 급속도로 증가하였고 2010년에는 중국의 성장속도가 매우 컸다. 최근의 추세와 경제 규모 등을 비교해 볼 때 향후 중국과 미국의 시장 성장성이 매우 클 것으로 예상되며 투자와 관련한 많은 기회가 주어질 것으로 판단된다.

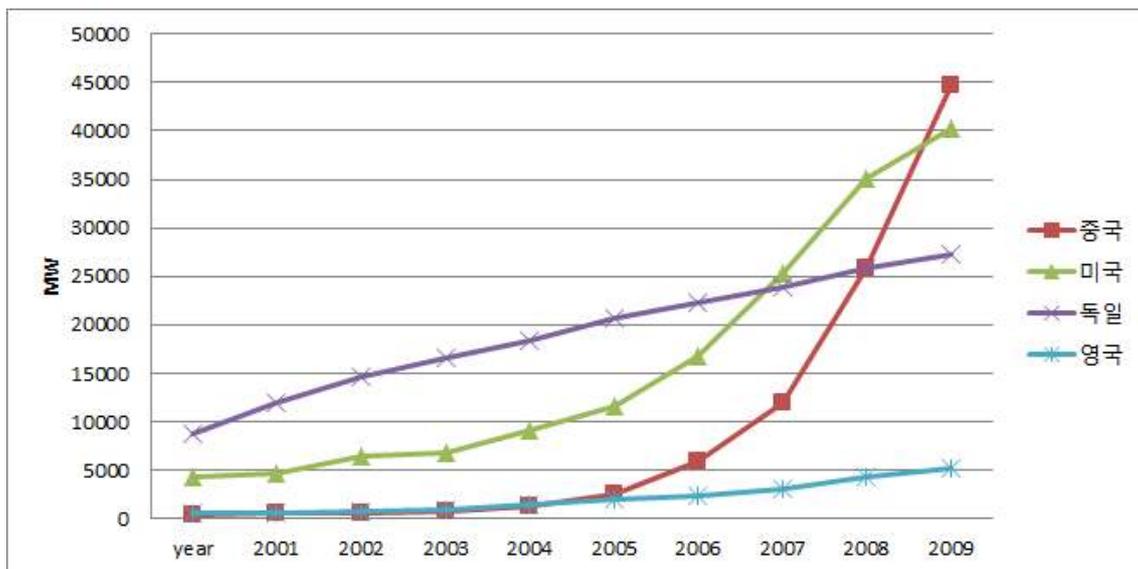


그림 11. 각 국가별 누적 풍력설치량 비교

표11에서 볼 수 있는 바와 같이 현재 발전차액지원제도 혹은 전력구매계약상 독일의 경우의 발전판매단가가 가장 높았고 다음으로 중국, 영국, 미국 순이었다. 미국의 경우 전력판매단가는 낮았으나 각종 세제혜택 등을 부여하여 투자를 유인하고 있다. 하지만 본 논문에서는 수익률 분석시 이를 감안하지 아니하였다. 따라서 미국에 투자시에는 이러한 세제혜택 등에 대한 면밀한 검토를 통해서 경제성이 추가로 확보되는지 여부를 판단하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

법인세율의 경우는 중국의 경우가 가장 유리하며 다음으로 영국, 독일, 미국 순으로 유리한 것으로 나타났다. 법인세율과 관련하여 각 국가에서 국내로 송금할 경우의 원천징수세 등이 추가로 발생할 수 있으나 이에 대해서는 추가로 고려하지 아니하였다. 또한 각 국가내에서 주어질 수 있는 각종 세제혜택이 있을 수 있으나 이 또한 본 논문에서는 추가로 검토하지 아니하였다.

인플레이션율에 있어서는 미국이 가장 낮고 다음으로 독일, 중국, 영국 순으로 낮았다. 최근 전세계적인 경기 불황으로 인하여 인플레이션율이 낮은 경향을 보이고 있으며 추후 세계경기가 회복될 경우 인플레이션율이 높아질 가능성이 다분히 존재한다. 현재의 경제성분석시에는 연간운영비가 인플레이션율만큼 상승하는 것으로 가정하였다. 한가지 추가로 감안해야 하는 것은 중국의 경우 개발도상국으로서 개인별 소득수준이 매우 낮은 바 추후 경제 성장에 따라 미국, 독일, 영국 등의 경우 선진국에 비해서 인건비 등의 상승가능성이 높을 수 있다는 점이다.

자금조달이자율과 관련하여 현재의 가정 하에서는 독일의 부채조달이자율이 가장 낮고 다음으로 미국, 영국, 중국 순이었다.

2. 프로젝트별 입지조건 및 발전량 산정 관련

연간발전량은 풍속과 가장 관련성이 높으며 대기압이 크고 온도가 낮을수록 풍력 에너지가 높다. 각 국가별로 선정된 입지에서 영국의 경우가 가장 발전량이 높고 중국의 경우가 가장 낮았다. 영국의 경우 발전량이 큰 이유는 다른 곳에 비해 풍속이 가장 크고 공기압이 크며 온도가 낮은 것에 기인한다. 중국의 경우 발전량이 가장 낮은 이유는 기본적으로 풍속이 가장 낮고 공기압과 온도에 있어서도 다른 곳에 비해서 그다지 유리하지 않은 것에 기인한다. 미국과 독일의 경우 풍속은 거의 동일하나 미국은 공기압에 있어서 독일보다 좀 유리한 곳에 위치하고 있다. 하지만 독일의 경우는 고도가 높아서 공기압이 낮은 대신에 온도가 낮아서 결과적으로 미국에 비해서 발전량 측면에서 더 양호한 것으로 나타났다.

3. 경제성 분석 결과

경제성 분석 결과를 나타내는 각종 지표는 다음과 같다.

가. 순현재가치(NPV: Net Present Value)

순현재가치는 미래의 모든 현금흐름을 특정한 할인율로 할인한 가치를 말하며 식 (6)으로 표현할 수 있다.

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} \quad (6)$$

* N: 프로젝트 기간

* Cn: n연도의 현금흐름

* r: 할인율

본 경제성 평가시에는 10%로 할인한 NPV로 각 사업의 사업성을 비교하였다.

나. 내부수익율(IRR: Internal Rate of Return)

IRR은 순현금흐름을 0으로 만드는 할인율을 말하며 식 (7)로 표현할 수 있다.

$$0 = \sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1 + IRR)^n} \quad (7)$$

* N: 프로젝트 기간

* Cn: n연도의 현금흐름

한편, IRR에는 낮은 이자율의 부채를 사용하지 아니하고 전액 자기자금으로 투자한다고 가정하고 수익률을 분석하는 Project IRR과 Project IRR보다 낮은 이자율의 부채를 사용한다고 가정하여 IRR의 상승효과를 향유하는 Equity IRR로 나누어서 분석할 수 있다.

다. 단순회수기간(SP: Simple Payback)

단순회수기간은 부채상환액을 제외한 현금유입액이 모든 투자금액(부채와 지분투자의 합계)과 일치하는 시점을 말한다.

라. 지분회수기간(Equity Payback)

지분회수기간은 누적현금흐름이 (+)가 되는 시점을 말한다.

경제성평가 결과는 표14와 같다.

표 14. 경제성분석 결과

국가	NPV(달러)	Project IRR	Equity IRR	단순 회수기간	지분 회수기간
중국	29,191,804	11.8%	28.7%	6.6년	3.3년
미국	(-)40,019,440	1.5%	1.5%	15.8년	15.8년
독일	70,473,670	18.1%	54.4%	4.6년	1.8년
영국	9,693,081	6.9%	17.1%	8.8년	5.0년

경제성 분석 결과 NPV와 IRR은 전력판매단가가 높은 독일, 중국, 영국, 미국 순으로 높았다. 미국의 경우 Project IRR이 부채조달 이자율보다 낮아서 부채사용에 대한 수익률 상승효과가 없었다.

4. 민감도 분석 결과

수익률이 가장 높게 나타난 독일의 경우에 대해서 전력판매단가, 법인세율, 인플레이션을, 부채이자율의 변동에 따른 수익률의 변화를 보았다. 기준안으로부터 (-)20%, (-)10%, (+)10%, (+)20%의 변화에 따른 equity IRR의 변화는 표15와 같다. 분석 결과 전력판매단가의 수익률에 대한 민감도가 가장 높았고 다음으로 부채이자율, 법인세율, 인플레이션을 순서로 수익률에 대한 민감도가 높았다.

표 15. 민감도분석

구분	(-)20%	(-)10%	기준	(+)10%	(+)20%
전력판매단가	37.6%	46.0%	54.4%	62.6%	70.9%
법인세율	54.8%	54.6%	54.4%	54.1%	53.9%
인플레이션율	54.5%	54.4%	54.4%	54.3%	54.2%
부채이자율	55.4%	54.9%	54.4%	53.8%	53.3%

제6장 결론

우리나라의 해외직접투자는 최근 들어 급속도로 확대되고 있다. 해외직접투자는 다양한 동기에서 이루어지며 신·재생에너지 사업에 대한 해외직접투자 또한 다양한 각도에서 검토될 수 있다. 국내 기업은 해외의 신·재생에너지 사업에 대한 진출을 통하여 장비의 수출, 건설공사 수주, 프로젝트 관리기술의 습득 및 시장선점의 효과를 누릴 수 있다. 또한 투자수익률을 향유할 수도 있다. 이러한 이유에서 신·재생에너지 사업 중 시장규모가 가장 큰 풍력발전을 대상으로 중국, 미국, 독일, 영국 등 해외 4개 국가의 풍력발전사업에 투자한다고 가정하여 각 국가의 전력단가, 인플레이션율, 법인세율, 부채조달이자율 등이 수익률에 미치는 영향을 비교분석하였다. 본 연구에서 우리나라에서의 국가별 해외직접투자액과 개별 국가의 풍력발전의 누적설치량을 통해서 분석한 결과 중국과 미국, 독일, 인도, 영국, 캐나다, 호주, 네덜란드 등 8개 국가에 대한 풍력발전 투자 가능성이 높은 것으로 분석되었으나 자료의 확보가능성 등을 감안하여 중국, 미국, 독일, 영국 등 4개국만을 분석대상국가로 확정되었다. 각 국가별로 1개의 입지를 선정하여 이곳에 동일한 투자비와 연간운영비, 동일한 제품의 풍력발전기를 설치하는 것을 가정하였고 각 국가별로 전력판매단가, 인플레이션율, 법인세율, 부채이자율이 국가별 투자수익율에 미치는 영향을 분석하였다. 비교한 결과 전력판매단가가 국가별 수익률에 가장 민감한 결과를 나타냈으며 다음으로 부채이자율이 수익률에 민감한 요소가 되었다. 이러한 결과로 독일, 중국, 영국, 미국 순으로 수익률이 높았다. 분석결과 산정된 절대적인 수익률은 특별한 의미가 없다. 왜냐하면, RETScreen상 가상의 프로젝트와 동일한 조건의 프로젝트

를 4개 국가에 동시에 투자한다는 가정을 하고 있기 때문이다. 하지만 상대적인 수익률과 각 변수에 대한 민감도는 충분히 의미를 갖는다고 하겠다.

마지막으로 본 연구의 가정이 갖는 한계성 및 추후 추가적인 분석이 되었으면 하는 사항에 대해서 다음과 같이 정리하고자 한다.

본 연구의 가정이 갖는 한계성은 다음과 같다.

첫째, RETScreen상 가상의 프로젝트를 선정하여 각 국가별로 특정 지역을 선택하여 그 지역에 풍력발전소가 설치되는 것으로 가정하였다. 각 국가별로 기상조건 및 입지조건이 다르고 또한 그에 따라 wind turbine의 사양 및 비용이 다를 수 있으나 이러한 부분은 동일한 것으로 가정하였다. 하지만 본 연구에서는 실제의 프로젝트에 대한 분석보다는 발전량, 법인세, 인플레이션율, 전력단가, 부채이자율 등이 수익률에 미치는 영향을 비교 분석하는 것에 중점을 두었다.

둘째, 전력단가와 관련하여 세계풍력협회상 자료를 활용하였으나 실제 투자시에는 프로젝트별로 적용되는 발전판매단가가 본 논문의 전력단가와 다를 수 있다.

셋째, 전력단가는 그대로 유지되고 연간운영비는 매년 인플레이션율만큼 상승하는 것으로 가정하였다. 전력단가가 매년 상승할 수는 없지만 일정 기간 후에는 일부 상승분을 반영하게 되므로 이는 보수적인 가정으로 판단된다.

넷째, 각 국가의 법인세율은 과거 3년의 평균치를 사용하였다. 각 국가별로 법인세율은 지속적으로 인하되는 것이 현재의 일반적인 흐름이다. 하지만 프로젝트가 20년이 넘는 기간을 가정하고 있으므로 이러한 흐름이 지속되리라도 예단하기는 어려우므로 과거의 평균치를 사용하였다.

마지막으로 부채조달이자율을 각 국가별 국고채수익율에 2.5%를 더한 것으로 가정하였다. 이는 국내의 프로젝트 파이낸싱 시장에서의 조달가능이자율을 감안한 것이기는 하지만 각 국가별의 상황과는 다를 수도 있다. 다만, 각 국가별 국채수익율은 국가의 신용도와 위험도를 반영하는 바 프로젝트 자체에는 더 낮은 이자율을

적용받더라도 각 국가의 위험을 헤지하기 위해서 Political Risk Insurance 등에 가입할 경우 이것이 또한 수익률의 차이를 가져올 수 있으므로 이러한 가정은 의미를 가질 수 있다.

본 연구에서는 각 국가에 투자시 발생가능한 환위험과 각 국가에서 배당금의 자유로운 송금가능성에 대해서는 고려하지 아니하였다. 개별적으로 프로젝트에 대한 투자가 진행될 경우에는 이러한 부분도 충분히 반영되어 분석이 이루어져야 한다.

향후 과제로는 국가별 기상조건 및 실제 풍력기술 특성치를 반영한 실제의 프로젝트에 대한 결과 분석이 필요하고 한국에 대한 투자시와 비교 분석하는 것도 의미 있는 시도가 될 수 있을 것으로 본다.

참고문헌

김종민·김기영. 2008. “신·재생에너지 발전(태양광, 풍력, 소수력, 바이오가스)의 경제성 분석 연구” . 한국태양에너지학회 논문집 제28권 제6호: 70-77. 2008.12.

김현구·황효정. 2010. “국가바람지도 및 국가지리정보에 의한 국내 해상풍력단지 개발계획의 비교분석”. 한국태양에너지학회 논문집 제30권 제5호: 44-55, 2010.9.

대한무역투자진흥공사. 2011. “2011 주요국가 해외투자 편람”. 2011.1.

문휘창. 2005. “한국기업의 해외직접투자가 한국기업 및 한국경제에 미치는 영향: 다양한 투자동기를 포괄하는 종합적 접근법”. 국제경영리뷰 제11권 제1호 : 115-139

이만우·김진배·양대천. 2008. “법인세율 차이가 해외직접투자에 미치는 영향”. 세무학연구 제25권 제3호 : 161-189

지식경제부·전력거래소. 2011. “해외전력산업동향”. 2011.12.

하정우·김수덕. 2005. “대관령 풍력단지의 풍력발전량 및 경제성 분석”. 에너지공학, 제14권 제2호: 123-132. 2005.4.

한국수출입은행 해외경제연구소. 2011. “신·재생에너지 산업에서 정책금융의 역할 및 시사점”. 2011.4.

한국수출입은행 해외경제연구소. 2011. “세계 국가 편람”. 2011.7.

한국수출입은행 해외경제연구소. 2012. 해외투자통계조회.(<http://keri.koreaexim.go.kr/>)

GWEC. 2011. Global Wind Report-Annual market update 2010, 2011.4.

IEA. 2010. Electricity Information 2010 with 2009 data.

IEA. 2011. Key World Energy Statistics 2011.

KPMG. 2011. Corporate and Indirect Tax Survey 2011, 2011.9.

RETScreen International. 2005. “Clean Energy Project Analysis, RETScreen Engineering & Cases Textbook” Third Edition

Wagner Sousa de Oliveira·Antonio Jorge Fernandes. 2012. “Economic feasibility analysis of a wind farm in Caldas da Rainha, Portugal”. *2012 International Energy & Environment Foundation*

Wikipedia Homepage (http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)

ABSTRACT

A study on the feasibility evaluation of overseas wind power projects with RETScreen software

Ju Su Lee

Department of Earth Environment Science

The Graduate School

Sejong University

Recently, foreign direct investment of Korea has increased significantly. Foreign direct investment is motivated by various reasons and renewable energy investments in foreign countries can be performed by many causes. Korean companies can enjoy the export of products, related EPC contracts, acquisition of the knowledge of the project management technique, pre-occupying effect of the market and profit itself. Wind power projects have biggest share in the investment amounts among the renewable energy business. So, in this study, one wind farm project was selected and supposed to be invested in China, USA, Germany and UK at the same time and the effect of electricity price, corporate income tax, inflation rate and interest rate of debt were analyzed. The result showed that investing in Germany is most profitable because of the highest

electricity price and electricity price and debt interest rate are the most sensitive factors for IRR. This approach would be helpful to make decisions in investing foreign wind power projects.

Key words : Overseas Wind Power, Foreign Direct Investment, RETScreen, Feasibility Evaluation, Economic Analysis