정책자료 2017-295

북한 재생에너지 현황과 시사점

빙현지 · 이석기

2017. 3.

KIET 산업연구원
Korea Institute for Industrial Economics & Trade

차 례

제1장 서론 ····· 7

1. 연구의 배경과 목적 ····· 7
2. 연구 방법 및 주요 내용 ····· 11

제2장 북한 재생에너지 개발 배경과 개도국 사례를 통한 시사점 ····· 13

1. 북한 재생에너지 개발 배경 ····· 13
   (1) 북한의 에너지 공급 현황 ····· 13
   (2) 북한의 에너지 정책과 재생에너지 ····· 19
2. 세계 재생에너지 현황 및 정책 동향 ····· 22
3. 개도국의 재생에너지 개발 동향 ····· 27
   (1) 개도국의 재생에너지 개발 사례 ····· 27
   (2) 개도국의 재생에너지 개발로부터의 시사점 ····· 31

제3장 북한 재생에너지 개발 현황과 의의 ····· 33

1. 북한의 재생에너지 정책 ····· 33
   (1) 북한의 재생에너지 개발 필요성과 가능성 ····· 33
   (2) 북한의 재생에너지 정책 기조 ····· 35
   (3) 북한의 재생에너지 개발 체계 ····· 39
   (4) 재생에너지 개발 계획 ····· 44
2. 북한의 재생에너지 개발 및 보급 현황 ····· 46
   (1) 풍력 ····· 46
   (2) 태양광/태양열 ····· 55
   (3) 바이오매스 ····· 65
   (4) 지열 ····· 70
3. 의미 및 한계 ····· 72

제4장 요약 및 시사점 ····· 77

1. 요약 : 북한 재생에너지 개발실태 ····· 77
2. 재생에너지 분야 남북한 협력에 대한 시사점 ····· 85
   (1) 한국 재생에너지 발전 현황 ····· 85
   (2) 남북한 협력에 대한 시사점 ····· 94

참고문헌 ····· 108

표 차례

〈표 2-1〉 북한의 발전 설비용량 및 발전 전력량 ····· 16
〈표 2-2〉 북한의 1차 에너지 공급 추이 ····· 17
〈표 2-3〉 북한주민의 에너지 소비구조와 실태 ····· 18
〈표 2-4〉 북한의 과학기술발전 5개년계획 ····· 21
〈표 2-5〉 재생에너지 투자 및 설비 용량, 생산 순위(2015) ····· 26
〈표 2-6〉 전력화 형태에 따른 구분 ····· 28
〈표 3-1〉 최근 3년 신년사 내 북한 에너지 분야 관련 내용 ····· 38
〈표 3-2〉 2016년도 시·도 군중대회 에너지 분야 관련 주요 내용 ····· 38
〈표 3-3〉 북한 에너지 관리법 주요 내용 ····· 41
〈표 3-4〉 북한 재생에너지 관리법 주요 내용 ····· 41
〈표 3-5〉 북한 재생에너지 발전 계획도 ····· 45
〈표 4-1〉 우리나라의 원별 에너지 생산량 ····· 86
〈표 4-2〉 우리나라의 원별 전력 생산량 ····· 87
〈표 4-3〉 우리나라 재생에너지산업 현황 ····· 88
〈표 4-4〉 태양광산업 가치사슬별·국가별 점유율 ····· 90
〈표 4-5〉 2015년 태양광산업 주요 가치사슬별 매출액 및 수출액 ····· 90
〈표 4-6〉 2015년 풍력산업 주요 가치사슬별 매출액 및 수출액 ····· 92
〈표 4-7〉 우리나라 재생가능에너지원별 건설비 및 건설기간 ····· 101
〈표 4-8〉 우리나라의 재생에너지 ODA실적 통계 ····· 103

그림 차례

〈그림 2-1〉 북한 경제와 에너지 부족으로 인한 악순환 구조 ····· 14
〈그림 2-2〉 북한의 대중 무연탄 수출(2007~2015) ····· 16
〈그림 2-3〉 세계 일차에너지원별 공급 비중(2014) ····· 22
〈그림 2-4〉 세계 재생에너지 공급 연평균 성장률(1990~2014) ····· 23
〈그림 2-5〉 전 세계 분야별 재생에너지 소비 비중(2014) ····· 24
〈그림 3-1〉 한반도 풍력밀도 분포 현황 ····· 47
〈그림 3-2〉 하루 평균 수평면 전일사량 분포도 ····· 55
〈그림 4-1〉 재생에너지 내수 시장 규모 ····· 89
〈그림 4-2〉 태양광산업의 경쟁력 지수 ····· 91
〈그림 4-3〉 풍력산업의 경쟁력 지수 ····· 93
〈그림 4-4〉 국내 풍력터빈 개발 현황 ····· 94
〈그림 4-5〉 패키지형 지원 사업의 예시 ····· 104

제1장
서 론

1. 연구의 배경과 목적

□ 연구의 배경 및 필요성

○ 북한의 재생에너지 개발 및 활용은 1990년대 이후 북한의 에너지난이 배경

○ 2000년대 이후 북한의 에너지 사정은 다소 개선되고 있으나 여전히 에너지 공급이 절대적으로 부족한 실정

- 북한 정권은 전력 문제 해결을 위해 수력발전소의 신규 건설과 화력발전소의 개보수, 그리고 석탄 공급의 증가 등을 위해 제한된 투자재원을 집중 투자하였으며, 이에 1990년대에 비해 전력공급량이 다소 증가하는 등 전반적인 에너지 사정은 다소 개선

- 그러나 새로 건설된 수력발전소의 낮은 가동률, 화력발전소의 노후화 및 부품부족에 따른 유지보수의 어려움 등으로 전력 사정의

개선은 매우 제한적

- 2016년 개최된 제5차 당대회에서 전력문제를 집중적으로 거론한 것도 에너지 문제가 해결되지 않고서는 북한 경제의 회복과 성장이 불가능하다는 현실 인식에 따른 것으로 생각

○ 북한은 김정일 시기 때부터 수력발전소의 건설과 화력발전소의 개보수 등을 통한 전력 공급 증대 노력과 함께 풍력, 태양광, 지열 등 재생에너지의 개발 및 보급에도 관심을 가지고, 정책적 노력을 경주

○ 재생에너지의 개발 및 활용이 김정은 시기에 시작된 것은 아니지만 김정은 집권 이후에 이전의 연구와 시범 사업에서 벗어나 개발과 활용의 폭을 넓히려고 시도

○ 김정은 집권 이후 재생에너지의 개발 및 활용이 이전 시기보다 두드러져 보이는 것은 주민과 일부 소규모 산업시설 등에서 태양 에너지 등 재생에너지 활용이 늘어나고, 북한 당국이 과학기술 중시정책의 일환으로 재생에너지 개발을 강조하는 것이 주요 원인

○ 제한적이지만 북한에서 재생에너지 보급이 증가하고 있는 것은 에너지 공급자로서의 북한 정부와 수요자인 주민 및 소규모 기업 및 기관의 이해관계가 어느 정도 일치하는 데에 기인

- 즉, 중앙정부로서는 수력발전소 건설 등 대규모 전원의 건설을 통하여 핵심 산업설비에 대한 전력 공급을 증가시키려고 하지만 성과가 크게 미흡한 상황에서 태양광, 풍력, 지열 등 소규모, 분산적 에너지원을 개발하여, 에너지 공급의 우선 순위가 낮은 주택과 소규모 산업시설에 공급하려고 하며, 수요자 입장에서는 비용은 더

들지만 태양광 등을 통하여 중앙 정부에 의존하지 않고 에너지원을 확보할 수 있게 된 것

- 다만, 재생에너지의 개발 및 보급이 현재 및 가까운 장래에 북한의 에너지 문제 해결을 위한 근본적인 해결책은 되지 못하며, 북한 당국 역시 이를 인식하고 있을 것이라는 점

○ 이렇게 현재의 재생에너지 개발 및 보급은 현재 북한의 전반적인 에너지 사정의 개선에 제한적인 의미밖에 가지지 못하지만 그 자체로서 적지 않은 의미를 보유

○ 우선 북한 당국이 재생에너지의 개발과 보급을 위해 실질적인 노력을 기울이고 있으며, 이러한 정책기조는 향후에도 지속될 것으로 전망

- 재생에너지 개발 및 보급은 에너지 공급원의 다변화라는 측면을 지니는 동시에 과학기술 중시정책의 주요 구성요소로서 그 성과가 지속적으로 강조

- 과학기술 정책이 김정은 정권의 경제개발 전략의 주요 구성요소임을 감안할 때 북한 나름의 재생에너지 개발 및 활용 노력은 향후에도 지속될 것으로 예상

○ 북한에서 재생에너지가 대규모 산업시설에는 활용되지 못하고 있지만 가정용 전력, 마을 공동체의 에너지원, 비닐하우스 등 소규모 설비의 연료, 대규모 신규 건물이나 도시의 가로등의 전원 등으로 그 활용 폭을 넓히고 있는 것은 사실이며, 이런 점에서 긍정적인 측

면이 존재

○ 이런 측면에서 북한의 재생에너지 개발에 관한 정책 및 그 활용 실태를 구체적으로 파악할 필요성이 제기

○ 분산적 에너지원으로서 태양광이나 풍력 등 재생에너지 분야의 협력은 농촌이나 중소도시 주민의 에너지 공급 확대를 위한 남북한 협력의 주요 대상인데, 이의 효과적인 추진을 위해서도 북한의 재생에너지 개발 및 보급 실태를 파악할 필요

○ 중장기적으로 산업협력의 차원에서 남북한 간 재생에너지 분야의 협력이 진행될 수 있을 것인데, 이를 위해서도 북한 재생에너지 개발 및 보급 동향이나 그 한계 등의 분석이 필요

□ 연구의 목적과 범위

○ 본 연구는 최근 북한 에너지 정책 및 과학기술 중시정책의 한 측면인 재생에너지 개발 및 활용 실태를 검토하고, 남북한 협력에 대한 시사점을 도출하는 것이 목적

○ 현재 북한에서 재생에너지는 제철소 등 대규모 설비의 에너지원이 아니라 가정용 및 농촌이나 중소도시 공동체의 에너지원, 비닐하우스나 양어장 등 소규모 생산시설의 에너지원 등 보조적 에너지원으로 개발되고, 활용

- 제조업과 관련하여서는 설비가동을 위한 에너지가 아니라 종업원용 주택이나 편의시설의 에너지원으로 이용

○ 따라서 본 연구도 북한의 재생에너지 개발 및 활용을 핵심 에너지

공급원의 개발 및 활용이라는 측면보다는 다양한 측면에서의 보조적 에너지원의 개발 및 활용이라는 측면에서 접근

- 이런 관점에서 해외 사례도 재생에너지 선진국 사례보다는 개발협력의 차원에서 접근하고 있는 개도국의 사례를 검토

○ 재생에너지는 태양열, 태양광, 풍력, 수력, 해양, 지열, 수열, 바이오, 폐기물을 포함하며, 여기에 연료전지 및 IGCC를 포함하여 재생에너지로 개념화하고 있는데, 본 연구에서는 북한에서 주로 개발 및 이용하고 있는 풍력, 태양광/태양열, 바이오매스, 지열을 연구 대상으로 한정

2. 연구 방법 및 주요 내용

□ 연구 방법

○ 북한 재생에너지에 대한 통계나 실태 파악을 위해 본 연구는 문헌조사를 활용

- 정부기관에서 발표하는 북한 통계와 노동신문 등 북한의 공식매체와 이를 정리한 국내외 자료들을 토대로 분석하되, 성과보도가 과장되는 북한 매체의 특성을 고려하여 투자 및 정책 동향에 보다 초점을 맞추어 연구를 진행

○ 기존 연구들과 차별화를 꾀하기 위해 기존 연구들을 검토하여 다양한 주장들을 참조하고, 개도국의 재생에너지 발전 경험을 참조해 시사점을 도출하려고 노력

- 정확한 통계 자료는 북한 당국에서 공개하지 않아, 최대한 다양한 자료를 비교하여 제시하고자 하였으며, 북한과의 재생에너지 협력 시 도움이 될 만한 개도국 사례를 제시하고자 노력

□ 연구의 구성

○ 본 연구는 총 4개 장으로 구성

- 제1장에서 연구의 배경과 목적, 그리고 연구 방법과 구성 체계에 대해 제시
- 제2장에서는 북한 정권이 재생에너지 개발에 뛰어들게 된 배경을 살펴보고, 북한과 비슷한 경제적 환경에 놓여 있는 개도국들의 재생에너지 개발 현황을 분석해 시사점을 도출
- 제3장은 북한의 매체자료와 통계자료를 기반으로 재생에너지 정책과 개발 실태를 분석
- 마지막으로 제4장에서는 앞 장에서의 내용 요약과 함께 남북한 재생에너지 협력을 위한 시사점을 제안

제2장

북한 재생에너지 개발 배경과 개도국 사례를 통한 시사점

1. 북한 재생에너지 개발 배경

(1) 북한의 에너지 공급 현황

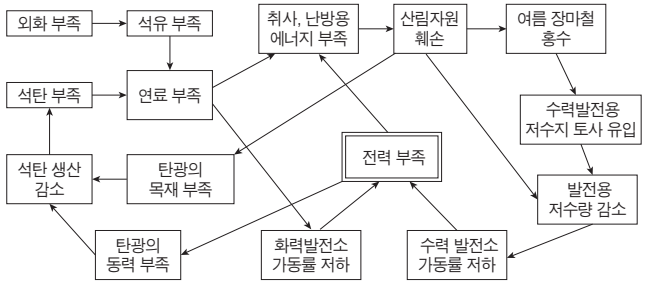
□ 1990년대 북한의 에너지 공급량이 급격하게 감소함에 따라 경제 부문 또한 타격

○ 북한은 중화학 공업 중심의 공업화 전략으로 에너지 다소비형 산업 구조를 보유하고 있으며,

○ 1990년대 북한경제의 몰락은 에너지 공급의 급격한 위축이 주요 원인

- 한국은행 추정치에 의하면 1988년 279억kWh였던 발전량은 북한 경제가 바닥을 치던 1998년에는 170억kWh까지 감소하였으며, 같은 기간 석탄 생산량은 4,070만톤에서 1,860만톤까지 감소

〈그림 2-1〉 북한 경제와 에너지 부족으로 인한 악순환 구조



자료 : 윤재영(2014).

□ 2000년대 에너지 사정이 다소 개선되었지만, 근본적인 해결에는 크게 못 미치는 수준

○ 북한은 전력 및 석탄 등 에너지 공급 증가를 경제 회생의 선결과제로 설정하고, 가용 자원을 집중적으로 투자

○ 1990년대 후반부터 2000년대 중반까지 중앙정부의 투자가용 재원의 대부분을 수력발전소 건설 및 수력발전소 및 화력발전소 개보수, 그리고 석탄 증산에 투자

○ 중앙정부의 발전소 및 탄광에 대한 투자와 식량사정 개선 등에 따른 탄광 가동률 제고 등으로 2000년대에 북한의 에너지 공급 사정은 다소 개선

○ 한국은행 추정치 기준 1998년 170억kWh까지 감소하였던 발전량은 2008년에 255억kWh까지 회복되었으며, 1,860만톤까지 감소하였던 석탄생산량은 2008년에 2,506만톤까지 회복

○ 이후 한국은행 추정치 기준 북한의 발전량은 감소하고, 석탄 생산량은 2012년까지 소폭 증가하다가 이후 다소 빠르게 증가하는 것

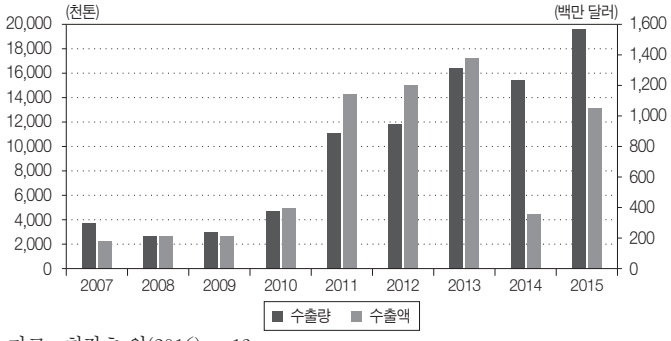
으로 나타나고 있는데, 2009년 이후 북한의 발전량과 석탄 생산량 추이에 대해서는 적지 않은 이견이 존재

- 전력 등 북한의 에너지 사정은 발전량 추정치와 달리 김정은 집권 이후 지속적으로 개선되고 있다는 것이 북한 방문자 등의 대체적인 평가
- 2015년의 경우 극심한 가뭄에 따라 수력발전소를 중심으로 발전량이 상당폭 줄어들었겠지만, 그 이전 북한 당국의 에너지 부문에 대한 집중적인 투자 등을 고려할 때 발전량의 증가폭이 미미할 수는 있지만 발전량이 경향적으로 감소할 이유는 찾기 어려운 것이 사실
- 즉, 2014년의 북한의 전력 공급량이 2008년에 비해 15% 이상 감소하였다는 추정치는 탈북자나 외부 관찰자의 전언, 그리고 북한 경제의 추이 등을 고려하면 납득하기 어려운 측면이 존재
- 이는 이 기간 중 급격하게 증가한 북한의 대중 무연탄 수출과 관련이 있을 것으로 생각
- 통계청 자료에 의하면 2010년 1,510만TOE였던 북한의 1차에너지 공급량은 2015년에는 절반 수준인 870만TOE로 감소하였는데, 이는 대부분 석탄을 통한 에너지 공급의 감소에 기인
- 이 기간 중 에너지공급원에서 석탄이 차지하는 비중은 66%에서 45%까지 감소하였으며, 동시에 북한의 대중 무연탄 수출은 1,000만톤 이상 증가하였는데, 생산량의 증가는 그에 훨씬 못 미치는 것으로 추정

· 북한의 석탄생산량은 2010년 2,500만M/T, 2014년 2,709만M/T로 200만M/T[1] 정도 증가하는 데 불과

- 이는 대중 무연탄 수출 증가의 상당부분이 내수, 특히 화력발전소에 대한 연료탄 공급의 감소를 통해서 이루어졌음을 의미하며, 따라서 동 기간 중 화력발전량의 감소는 자연스러운 결론

〈그림 2-2〉 북한의 대중 무연탄 수출(2007~2015)



자료 : 최장호 외(2016), p.13.

〈표 2-1〉 북한의 발전 설비용량 및 발전 전력량

단위 : 천kW, 백만kWh

	설비용량	전력량	수력		화력	
			설비용량	전력량	설비용량	전력량
1996	7,387	213	4,437	125	2,950	88
1997	7,387	193	4,437	107	2,950	86
1998	7,387	170	4,437	102	2,950	68
1999	7,387	186	4,437	103	2,950	83
2000	7,552	194	4,592	102	2,960	92
2001	7,752	202	4,792	106	2,960	96
2002	7,772	190	4,812	106	2,960	84

(계속)

1) 북한정보포털, http://nkinfo.unikorea.go.kr/nkp/overview/nkOverview.do?sumryMenuId=EC216(2017.3.15. 접속).

	설비용량	전력량	수력		화력	
			설비용량	전력량	설비용량	전력량
2003	7,772	196	4,812	117	2,960	79
2004	7,772	206	4,812	125	2,960	81
2005	7,822	215	4,812	131	3,010	84
2006	7,822	225	4,812	126	3,010	99
2007	7,952	236	4,942	133	3,010	103
2008	7,497	255	4,487	141	3,010	114
2009	6,928	235	3,918	125	3,010	110
2010	6,968	237	3,958	134	3,010	103
2011	6,920	211	3,960	132	2,960	79
2012	7,220	215	4,260	135	2,960	80
2013	7,243	221	4,283	139	2,960	82
2014	7,253	216	4,293	130	2,960	86
2015	7,427	190	4,467	100	2,960	90

자료 : 2016 북한의 주요통계지표(http://kosis.kr/bukhan/publication/publication_01List.jsp?parentId=A00, 2016.12.11. 접속).

〈표 2-2〉 북한의 1차 에너지 공급 추이

단위 : 천 TOE, %

	에너지공급			에너지원별 공급 비중			
	북한(A)	남한(B)	남북비교(B/A)	석탄	석유	수력	기타
1990	23,946	93,192	3.9	69.2	10.5	15.6	4.7
1995	17,280	150,437	8.7	68.6	6.4	20.5	4.6
2000	15,687	192,887	12.3	71.7	7.1	16.2	5.0
2005	17,127	228,622	13.3	70.2	6.0	19.2	4.6
2010	15,662	262,609	16.8	66.1	4.5	21.4	8.0
2011	12,598	271,346	17.3	57.7	6.1	26.2	10.0
2012	12,284	277,709	22.6	56.7	5.6	27.4	10.3
2013	10,630	280,259	26.4	48.8	6.7	32.6	11.9
2014	11,050	282,938	25.6	52.6	6.6	29.4	11.4
2015	8,700	286,183	32.9	45.2	11.6	28.7	14.5

자료 : 2016 북한의 주요통계지표(http://kosis.kr/bukhan/publication/publication_01List.jsp?parentId=A00, 2016.12.11. 접속).

주 : 1) TOE(Ton-Oil Equibalent) 석유로 환산한 단위를 의미.
2) 기타에는 신탄, 폐기물 가열 등이 포함.

□ 2000년대 후반 이후 북한의 에너지 공급의 증감 여부에 관해서는 적지 않은 이견이 존재하지만, 현재 북한에 에너지 공급이 크게 부족한 것은 이견의 여지가 없으며, 북한의 재생에너지 개발 및 활용은 이러한 절대적인 에너지 공급 부족이 배경

○ 특히 민간부문에 대한 공급은 북한 당국의 전력 공급 우선 순위에서 뒤로 밀려 상대적으로 전력 상황이 더욱 열악하기 때문에 재생에너지 활용에 더욱 더 적극적

〈표 2-3〉 북한주민의 에너지 소비구조와 실태

		소비자	국가공급 여부	공급실태	부족분 대체
조명	전기	전체주민	○	일부공급	양초, 석유등잔, 산업용 기름등잔
취사	가스	평양주민	○	일부공급	석유 시장구입
	석탄	지방도시주민	○	거의 미공급	나무, 대팻밥, 톱밥
	나무	농촌주민	○	거의 미공급	볏짚, 옥수수짚 등
	석유	평양주민	○	일부공급	시장에서 자체구입
		일부지방주민	×	자체	-
	전기히터	일부주민	×	자체	-
난방	온수	평양주민	○	거의미공급	석유히터, 솔방울 등 자체
	석탄	지방도시주민	○	거의미공급	석탄, 나무, 대팻밥, 톱밥 등
	나무	농촌주민	○	거의미공급	일부 메탄가스에 의한 난방볏짚, 옥수수짚, 풀대
	석유난로	일부주민	×	자체	-
가전제품	전기	전체주민	○	일부공급	자동차 배터리 충전 이용
배터리충전	전기	일부주민	×	자체	-
전기재봉	전기	가내수공업자	×	자체	-

자료 : 이정석 외(2015), p.16.

(2) 북한의 에너지 정책과 재생에너지

□ 전력 공급을 위해 북한 정권이 가장 최우선으로 추진한 정책은 수력발전소의 신규 건설, 화력발전소 개보수 및 석탄 생산량의 제고

○ 북한의 주요 전력 생산원은 화력 및 수력발전으로 화력발전은 주로 수급조절용, 수력발전은 기저부하용 전원으로 사용하였으나, 전력난으로 그 구분이 모호한 상황[2)]

○ 북한은 풍부한 수자원에 기반하여 수력발전소를 건설해왔으나, 1995년, 1996년 대홍수로 수력발전소 설비의 85%가 훼손되고, 1998년 대홍수로 소수력 설비가 파손되어 수력발전 여건이 악화

○ 이에 1990년대 말부터 북한은 대형 발전소를 신규로 건설하기 시작하는 한편, 중소형 발전소 건설을 통해 각 군단위로 에너지 자급자족을 적극 추진

- 1지역 1발전소 정책에 따라 지역 내의 전력수요를 충당하기 위해 1990년 이후 중소형 발전소 건설을 집중적으로 독려하고 추진하였으며, 이를 통해 40여개 시·군들이 자체적으로 전력수요를 충족하고 있다고 보도[3)]

  · 중소형 발전소는 건설 비용도 적게 들고, 건설 기간도 짧아 소규모 지방 공장과 가정용 전력 수요 충당이 가능

  · 2008년 기준, 약 7,000개의 중소형 발전소를 건설하여 총 48만kW

2) 정우진(2006).
3) 조재현(2014).

이상의 발전용량을 조성[4)]

○ 화력발전소의 경우, 수력발전과 비교하여 신규 발전소 건설의 효과가 크지 않아 기존 발전소의 개보수를 통한 발전 효율 제고와 연료탄 공급 확대 정책이 주로 추진

- 화력발전소는 준공으로부터 30~40년 이상 경과된 곳이 대부분이라 노후화가 심각하고 부품 수급에 어려움을 겪음에 따라 개보수를 통한 발전효율은 한계

□ 북한의 에너지 정책은 공급 위주였으나, 전력상황이 나빠진 1990년대 초반 이후 2000년대 중반부터 전력 수요 통제를 통한 수요 억제 정책을 실시

○ 북한 에네르기관리법을 통해 알 수 있는 북한 에너지 정책의 기본 원칙은 '자력갱생', '전력 생산의 정상화', '소비 관리'

○ 북한은 전력 상황이 나빠진 1990년대 초반 이후 신년사에서 전력과 석탄과 같은 에너지 문제를 빼지 않고 매년 언급

□ 1998년부터 수립한 과학기술발전5개년계획에서도 에너지 문제 해결을 반복해서 강조

○ 제4차5개년계획(2013~2017년)에서는 인민경제 4대 선행부문을 모두 강조하던 기존 대비 에너지 문제 해결을 핵심 분야로 선정하고 더욱 강조

---

4) 북한정보포털, http://nkinfo.unikorea.go.kr/nkp/overview/nkOverview.do?sumryMenuId=EC211#siteWrap(2016.12.11. 접속).

〈표 2-4〉 북한의 과학기술발전 5개년계획

1차(1998~2002)		2차(2003~2007)	3차(2008~2012)	4차(2013~2017)
인민경제 기술 개건	에너지 문제 해결 (6개 부문)	인민경제의 기술적 개건 (8개 주요부문 53개 대상)	인민경제 4대 선행부문 (전력, 석탄, 금속, 철도운수)	에너지문제 해결 (전력생산, 전기절약)
			인민경제의 개건, 현대화 (자원, 채취, 기계, 화학, 건설건재, 국토환경)	공업 주체화, 현대화 (금속, 화학, 석탄, 기계, 전자, 건설건재, 경공업, 국토환경, 도시경영)
	기간산업 정상화 (5개 부문)	인민생활 향상 (7개 부문)	식량문제 해결 (농업, 수산, 경공업, 보건)	먹는 문제 해결 (농업, 축산, 과수, 수산)
인민생활 개선 (6개 부문)		첨단과학기술 (5개 부문 37개 대상)	첨단과학기술 (IT, NT, BT, 에너지, 우주, 해양, 레이저/플라즈마)	첨단기술 비중 제고 (IT, BT, NT, 신소재, 신에너지, 우주)
기초·첨단기술 (5개 부문)		기초과학 (4개 부문)	기초과학 (수학, 물리, 화학, 생물, 지리)	기초과학 (수학, 물리, 화학, 생물, 지리)

자료 : 이춘근·김종선(2015), p.9.

□ 재생에너지 개발 및 보급 노력은 이러한 전반적인 에너지 공급 확대 정책의 일환으로 지속적으로 강조

○ 김정일 시기에도 재생에너지 사용이 지속적으로 강조되었지만 실질적인 성과는 미미

○ 김정은 집권 이후 에너지 문제가 강조되면서 재생에너지에 대한 북한식 표현인 자연에네르기의 개발 및 활용이 더욱 강조[5)]

○ 재생에너지 개발 및 보급 정책이 김정일 시대부터 북한 에너지 정

5) 김정은 집권 이후 재생에너지 개발 및 보급 정책에 대해서는 제3장에서 상술.

책의 한 영역을 차지해 온 것은 수력 및 화력발전소 중심의 에너지 공급 확대 정책만으로 에너지 문제에 충분히 대처하지 못한 현실을 반영

2. 세계 재생에너지 현황 및 정책 동향

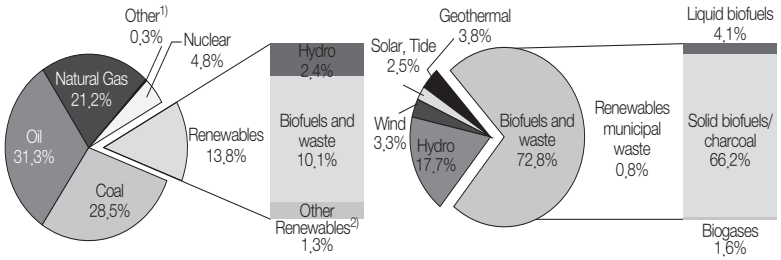
□ 재생에너지는 전통적 일차에너지 성장률을 상회하고 있으며, 바이오 및 폐기물이 공급원 중 가장 큰 비중을 차지

○ 2014년 세계 일차에너지 공급량(TPES: Total Primary Energy Supply)은 1만 3,700Mtoe로 이 중 13.8%인 1,894Mtoe가 재생에너지원으로부터 공급

○ 바이오 및 폐기물(Biofuels and waste)은 재생에너지 공급원 중 가장 큰 비중을 차지(72.8%)하고, 그 외에 수력 17.7% 및 지열 3.8%, 태양 및 조력 2.5%, 풍력이 3.3%를 차지

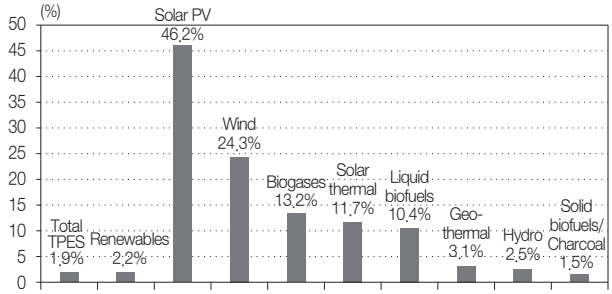
- 바이오 및 폐기물 중에서도 가장 많은 비중을 차지하는 것은 개도

〈그림 2-3〉 세계 일차에너지원별 공급 비중(2014)



자료 : IEA(2016), Key Renewables Trends; Excerpt from Renewables Information, p.3.
주 : 1) 기타에는 비재생 폐기물, 이탄, 오일 셰일 등이 포함.
2) 기타 재생에너지에는 지열, 풍력, 조력, 태양광 등이 포함.

〈그림 2-4〉 세계 재생에너지 공급 연평균 성장률(1990~2014)



자료 : IEA(2016), Key Renewables Trends; Excerpt from Renewables Information, p.4.

국에서 난방이나 취사용으로 많이 사용하는 재래식 연료인 고체 바이오연료·목탄으로 66.2%를 차지

○ 1990년대 이래, 재생에너지원의 연평균 성장률은 2.2%로 전통적 일차에너지 공급량 성장률인 1.9%를 상회

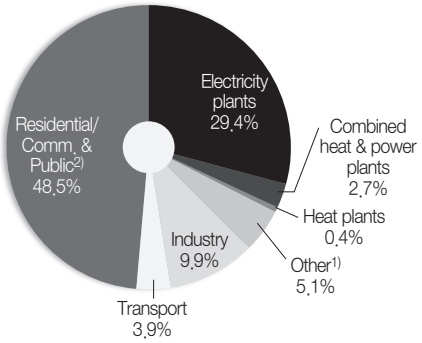
- 2015년 재생에너지 발전용량 상승률이 역대 최고치를 기록하며, 발전용량은 147GW, 난방용량은 38GW 추가

- 특히 태양광발전, 풍력은 OECD 국가들과 중국의 개발에 힘입어 성장률이 각각 46.2%, 24.3%를 기록하였으며, 신규 재생에너지 설비의 약 77%를 차지

- 1990~2014년 간 수력 발전의 경우 개도국에서 더욱 성장하는 추세를 보였는데, 비OECD 국가들에서는 4.0%, OECD 국가들에서는 0.7%의 연평균 성장률을 기록

- 2014년에도 비OECD국가들이 총수력발전의 64%를 차지하였으며, 향후에도 이들 국가들을 중심으로 수력발전이 늘어날 것으로 기대

〈그림 2-5〉 전 세계 분야별 재생에너지 소비 비중(2014)



자료 : IEA(2016), Key Renewables Trends; Excerpt from Renewables Information, p.4.
주 : 1) 기타에는 전환 부문, 에너지산업 자가소비 및 손실 등이 포함.
2) 농림어업, 기타 산업 부문 포함.

· 수력 발전은 특히 모잠비크 18.3%와 베트남 10.5%에서 높은 성장률을 시현

○ 재생에너지의 주요 사용처는 전력 생산 및 가정·상업·공공부문이며, 냉난방이나 교통 부문에 재생에너지가 이용되는 비율은 아직 낮은 편

- 2015년 기준, 교통 부문의 재생에너지 이용률은 전 세계 수송용 연료의 8%를 차지

- 대부분 바이오연료(biofuel) 형태로 사용되며, 최근 항공기에도 바이오연료를 사용하기 시작

○ 재생에너지의 주요 공급 및 수요처는 비OECD권 국가들로 전 세계 재생에너지 공급의 73.9%에 달하며, 선진국에서 개도국으로 시장의 중심축이 이동하고 있는 중

- 총 에너지 공급 중 재생에너지가 차지하는 비중이 OECD 국가권은 9.4%에 불과한 데 비해, 아프리카 49.6%, 남미 28.8%, 아시아 25.3%, 중국 11.2%에 달해 비OECD권에서 압도적으로 높은 편

○ 재생에너지 공급 및 소비에 있어 비교적 신기술을 기반으로 한 액체 바이오연료, 도시폐기물 재생에너지와 같은 분야들은 OECD 국가들 중심으로 이루어지고 있는 반면, 비OECD권 국가들은 수력과 고체 바이오연료 비중이 월등히 높다는 특징을 보유

- 2014년 고체 바이오연료 생산 및 소비의 85%가 서아시아와 사하라 이남 아프리카 국가들을 중심으로 한 비OECD권 국가에서 발생

- 이는 이들 국가들의 가정에서 바이오연료를 비상업적인 목적, 난방이나 취사용으로 사용하고 있기 때문으로 2014년 기준 전 세계 재생에너지 소비의 48.5%가 가정용 난방 및 취사에 이용

  · 고체 바이오연료 생산의 대부분이 비OECD 국가들에서 이루어지고 있으나, 1990년대 이후의 성장률은 OECD와 비OECD권 국가들 모두에서 비슷한 수준

- OECD권 국가들은 재생에너지를 주로 전력 발전에 사용

□ 기존의 재생에너지 생산은 대규모 발전이 주를 이루고 있었으나, 최근 소규모 발전을 이용한 생산이 시작[6)]

○ 방글라데시는 세계 최대의 가정용태양광시스템(Solar home system; SHS) 시장이며, 케냐, 우간다, 탄자니아, 중국, 인도, 네팔, 브

6) REN 21(2016), Renewables 2016; Global Statust Report, p.18.

라질, 가이아나와 같은 개도국들에서도 재생에너지 기반 미니그리드와 같은 소규모 재생에너지 발전 시장이 점차 확대되는 추세

- 호주, 유럽, 일본, 북미 등 선진권 국가들에서도 가정용, 산업용 재생에너지 자가 생산 비율은 급격히 늘어나고 있는 경향

○ 재생에너지는 6년 연속 전력 부문 투자에 있어 화석 연료를 상회

- 2015년 처음으로 재생에너지 투자에서 비OECD 국가들이 차지하는 비중이 OECD 국가권을 추월하였으며, 특히 중국은 전 세계 재생에너지 투자의 36%를 차지

- 〈표 2-5〉에 의하면 개도국들의 연간 재생에너지 투자는 총액이 크지는 않지만, 1인당 GDP 대비 비중이 선진국들에 비해 높은 편

〈표 2-5〉 재생에너지 투자 및 설비 용량, 생산 순위(2015)

	1	2	3	4	5
50MW 규모 이상 연간 투자*	중국	미국	일본	영국	인도
1인당 GDP 대비 재생에너지 투자	모리타니아	온두라스	우루과이	모로코	자메이카
지열 용량	터키	미국	멕시코	케냐	독일/일본
수력 용량	중국	브라질	터키	인도	베트남
태양광 용량	중국	일본	미국	영국	인도
태양열 용량	모로코	남아공	미국		
풍력 용량	중국	미국	독일	브라질	인도
물집열 용량	중국	터키	브라질	인도	미국
바이오디젤 생산	미국	브라질	독일	아르헨티나	프랑스
연료 에탄올 생산	미국	브라질	중국	캐나다	태국

자료 : Ren21(2016), Renewables 2016; Global Status Report, p.21.
주 : *수력 비포함 수치.

- 투자는 대부분 태양광(Photovoltaic; PV) 및 풍력 에너지에 집중되고 있으며, 이에 따라 동 부문의 개별 단가는 지속적으로 하락하고 있는 중
- 특히 개도국을 대상으로 하는 재생에너지 중에서도 태양광 부문은 높은 투자 회수율을 시현함에 따라 투자가 지속적으로 늘어날 것으로 예상

3. 개도국의 재생에너지 개발 동향

(1) 개도국의 재생에너지 개발 사례

□ 세계은행의 원격지에 대한 전력공급 연구에 의하면, 재생에너지는 전력화 형태에 따라 발전하여 공급이 가능

○ 계통연계형은 발전된 전기를 대규모 전력망에 연결하여 공급하는 방식으로 화석연료를 이용한 발전 방식이 가장 유력하며, 재생에너지원 중에서는 풍력, 바이오매스, 지열, 수력이 유망

○ 소규모 그리드형은 소규모 전력망을 구축하여, 전력을 공급하는 형태로 소수력, 바이오매스나 재생에너지와 화석연료의 믹스형태가 적절

○ 독립형은 망과 분리된 상태에서 수요처마다 독립적으로 전기를 생산하여 사용하는 형태로 태양광 및 소규모 풍력이 가장 유리

○ 개발도상국의 경우, 중앙전력망 구축 상황이 열악해 독립형 전력보

〈표 2-6〉 전력화 형태에 따른 구분

유형	내용	비고
계통연계형 Grid-Connected	대규모 중앙전력망에 연결하여, 시스템에서 발전된 전기를 전력망에 공급	- 대규모 발전에 유리한 화석연료가 주 에너지원 - 재생에너지 중에는 풍력, 바이오매스, 수력, 지열 등이 유망 - 전력망으로부터 거리가 멀어질수록 비경제적
소규모 그리드 Mini Grid	마을 공동체 단위의 소규모 전력망 구축	- 소수력, 바이오매스, 재생에너지와 화석연료의 혼합형이 적절
독립형 Stand Alone/ Off-Grid	중앙전력망에 연결되지 않고 독립적으로 발전	- 개도국은 가구당 약 50~150W의 용량이 필요 - 태양광 및 소규모 풍력 등이 적절

자료 : 임소영(2011), p.13.

급이 적합한 것으로 인식[7)]

□ 아프리카 대다수의 농촌에서는 기존의 전력망에 대한 접근이 어려워 기존의 전력망과 연결할 필요가 없는 독립형 재생에너지가 각광

○ 아프리카는 전기 보급 사정이 매우 열악해, 인구의 75% 이상이 전기를 사용하지 못하고 있으며, 27개국은 전력 위기 상황

- 전력망의 대부분은 도시지역에 집중되어 있어 아프리카 농촌 지역의 전기 보급률은 10%대 초반에 불과하고, 모잠비크, 차드, 에티오피아와 같은 일부 국가들은 2%에 불과

○ 아프리카 정부들은 열악한 재정사정 때문에 민자사업(PPP)을 통해 전력 인프라 구축에 나서고 있지만, 아프리카의 정치적 상황이 여전히 불확실하고 사업 위험이 높으며 금융조달 여건이 불리해 제한적

7) 임소영 외(2014), p.48.

○ 이에 아프리카의 현실적인 대안 중 하나가 기존의 전력망과 연결할 필요가 없는 독립형 태양광 시스템이나 태양빛을 열로 전환하여 조리에 이용하는 태양광 조리기[8)]

- 사하라남부 국가의 가정은 전력망을 통해 전기를 공급받는 것을 기다리는 것보다는 태양열 설비를 가정이나 마을 단위로 설치하는 추세

○ 비영리기구인 태양전지기금(Solar Electric Light Fund; SELF)이 디젤을 연료로 하는 세류 관개 시스템을 개선하여 태양전지를 기반으로 작동하는 관개시스템을 개발해 베냉에 도입한 사례가 존재

- 베냉의 주요산업은 농업으로 전체 산업의 약 95%를 차지하나, 11월부터 이듬해 4월까지 건기로 비가 거의 내리지 않아 식량 부족 문제가 심각한 상황

- SELF의 태양광 관개시스템 도입으로 베냉 가정의 연수입이 2배 정도 높아지고, 영양실조 비율 또한 감소

○ 국제에너지기구(International Energy Agency; IEA)는 2040년까지 아프리카 내 절반 이상이 재생에너지를 발전원으로 하는 발전소일 것이라고 전망

□ 아시아 개도국들은 소규모 그리드, 독립형 방식으로 재생에너지 개발을 추진 중[9)]

---

8) 박영호 외(2014), p.110.
9) 한국에너지공단(2015), p.18.

○ 네팔은 전체 인구의 약 15%에 수천 개의 소규모 디젤 발전 시스템, 독립형 태양광 발전, 소규모 그리드 등을 통하여 전력을 생산하여 제공

○ 캄보디아의 경우 국민의 80%가 살고 있는 농촌 지역의 전기 보급률은 20~30%에 불과하며, 수도와 대도시는 전기 보급률이 90% 이상에 달하지만 태국 등 주변국에서 수입되고 있어 전기세가 매우 비싼 편

○ 캄보디아 정부는 2020년까지 모든 마을에 전력을 공급할 계획이며, 이 중 30%를 디젤, 바이오매스, 소수력을 이용한 소규모 그리드와 함께 태양광과 풍력을 이용한 독립형 방식 등 재생에너지를 통해 공급할 계획

○ 캄보디아는 일조량이 풍부해 태양광 발전에 적합한 국가로, 굿네이버스, GS칼텍스, 한국국제협력단(KOICA)은 캄보디아 바탐방 지역에 적정에너지기술센터를 건설하여, 현지 주민을 고용해 태양광 램프 및 솔라 홈 시스템을 생산하여 판매

- 솔라 홈 시스템(Solar Home System)은 태양광 패널을 설치한 뒤 패널을 통해 생산된 전기를 보관해 집안에서 전기를 사용할 수 있게 해주는 시스템

○ 방글라데시의 그라민샤티는 농촌 마을에 솔라 홈 시스템 설치를 위한 무담보 소액대출을 지원하고, 여성들을 기술자로 훈련시켜 일자리를 제공

- 기존 등유 구입 비용을 투자하여 야간에 최소 4시간 이상은 정전 없이 전기 사용이 가능

(2) 개도국의 재생에너지 개발로부터의 시사점

□ 재생에너지는 발전 비용 대비 효과가 높아 선진국보다 개도국에서 장기적으로 비용 절약이 가능하며, 전력에 대한 접근성이 낮은 개발도상국 원격지에 비용 효율적인 전력 공급 수단이 될 수 있을 것

○ 개도국의 에너지 문제를 해결하려면 인프라 조성이 필요한데, 전통 에너지원의 인프라 조성을 위해서는 초기 투자 비용이 소모되기 때문에 개도국의 인구 증가율에 비해 전력망 서비스 공급 증가율은 더디게 증가[10)]

○ 개도국들은 대부분 에너지에 대한 접근성이 낮아 재생에너지는 전통 에너지로 공급되지 않는 간극을 메우는 역할이 가능

- 재생에너지 기술은 상대적으로 낮은 발전비용으로 원격지에 전력 제공이 가능[11)]

○ 기존 연구들에 의하면 중국, 중남미, 태평양도서국가, 아프리카 등 일부 개도국에서 재생가능에너지를 활용하는 것이 디젤이나, 가솔린 발전기에 비해서 비용 효율적[12)]

- 태양열 등 재생에너지 인프라 구축은 초기투자비용이 높은 편이지만, 한 번 지불한 이후에는 케로신이나 디젤보다 유지 비용이 저렴

- 평균 발전 비용은 풍력은 1메가와트시(megawatt-hour)당 82달러, 태양열은 142달러인데 자메이카의 경우, 태양열 에너지 가격이 도

10) Nicholas Lenssen(1993), pp.101~119.
11) John Byrne et al(1998), p.46.
12) John Byrne et al(1998), p.51.

매 전력 가격의 절반 수준에 불과

□ 전력망에 연계되지 않은 독립형 재생에너지 개발 중 가장 확대될 것으로 예상되는 분야는 태양광 발전

○ 소규모 태양광발전의 경제성은 최근 5년간 50% 이상 향상되었는데, 발전설비 모듈의 원가절감, 경제성 향상이 주 원인

- 소규모 태양광발전 설비단가는 2014년 기준 100~330달러/MWh에서 2025년에는 60~210달러/MWh로 약 40% 하락할 것으로 예상[13)]

- 옥상형 태양광발전의 경우 전기 가격이 높고 일조량이 충분한 지역에서 이미 기존 가정용 전력의 공급을 대체

○ 소규모 태양광발전의 보급 확대로 개도국들이 중앙집중형 전력망 구축 단계를 뛰어 넘어 소규모 그리드 혹은 독립형 복합발전시스템으로 바로 이행할 수 있는 기반이 조성될 가능성[14)]이 제고

○ 블룸버그는 개도국의 경우, 전력 수요가 늘어나는 데다가 일조량이 풍부하기 때문에 일반적으로 더 비싼 자본 조달 여건임에도 소규모 태양광 발전 이용률이 증가할 것으로 예상[15)]

13) 박정순(2015), p.10.
14) 박정순(2015), p.9.
15) 블룸버그(2013), p.1.

제3장
북한 재생에너지 개발 현황과 의의

1. 북한의 재생에너지 정책

(1) 북한의 재생에너지 개발 필요성과 가능성

□ 북한에서 자연에네르기로 표현하는 재생에너지의 경우, 자력갱생 정책과 열악한 송배전망 사정이 맞물려 재생에너지 개발에 적극적

○ 북한의 주요 에너지원인 수력발전은 기후적, 지리적 요인에 따른 영향을 크게 받는 에너지원이라 북한 정부 입장에서 재생에너지에 대한 필요성이 증대

- 수력발전은 전체 전기생산량의 약 60%를 차지하고 있으나, 기후에 영향을 받아 계절별 생산편차가 커 전력 공급의 안정성이 낮은 편

- 2015년의 경우, 북한 당국이 100년 만의 왕가뭄이라고 표현할 정도로 비가 오지 않아 주요 전력 공급원인 수력발전으로부터의 전

력 공급에 차질을 겪었으며, 수력 발전소는 건설할 수 있는 입지 조건을 갖춘 지역이 한정

- 또한 수력 발전소는 대부분 에너지 사용량이 많은 평양 등 도시지역에서 멀리 떨어진 곳에 위치하고 있어 송전손실과 전압조정에 어려움을 겪고 있는 상황

- 북한 대중월간지 천리마(2000년 9월호)에 의하면, 풍력은 자원이 고갈되지 않으며, 공해를 일으키지 않는 환경 친화적인 발전설비인 데다가 발전소 건설에 필요한 경비가 적게 들고, 건설기간이 짧으며, 운영비가 적게 드는 장점이 있다고 선전

○ 2006년 북경에서 개최된 동북아 에너지 협력 회의에 참석한 북한 대표는 "북한이 화석연료의 부족으로 새로운 에너지 대안을 찾을 수밖에 없었다"고 언급[16)]

○ 2014년 12월에는 녹색 에너지 개발 및 자원 재활용을 지원하는 조선녹색후원기금을 설립하고 재외 교포들에게 적극적인 투자를 주문하였으며,

○ 신년사에서는 "풍력, 지열, 태양광을 비롯한 자연에네르기를 이용하여 전력을 더 많이 생산"해야 하고, "전 사회적으로 절약 투쟁을 강화하여 한 와트의 전기, 한 그램의 석탄, 한 방울의 물도 극력 아껴" 써야 한다고 언급

○ 재생에너지의 경우, 북한의 자력갱생 원칙에 부합하며, 소규모로도 개발이 가능해 중앙 전력 공급의 대안책이 될 수 있는 가능성이 존재

16) 국회사무처(2007),「남북에너지 협력방안 연구: 재생에너지를 중심으로」, p.56.

- 2044년 재생에너지 발전능력 500만kW 확보 계획은 북한이 신년사에서 밝힌 자강력제일주의와도 연결돼 있고, 재생에너지 비율 제고라는 세계적 추세와도 일맥상통

○ 북한은 1지역 1발전소 정책으로 송전선로가 전국적으로 뻗어있지 않으며, 송배전 손실률도 20~30%에 달해 재생에너지는 북한 전력난 타개에 도움이 될 것으로 기대

○ 재생에너지는 비록 발전 전력량 규모는 작지만, 전기 혜택에서 소외된 북한의 주민들에게 중요한 전력공급원이 될 수 있을 것이며, 북한은 국토의 80%가 산지로 수력발전, 풍력발전, 조력발전 가능성도 높게 전망[17)]

(2) 북한의 재생에너지 정책 기조

□ 에너지 정책의 일환으로 재생에너지를 개발 및 보급하는 정책은 김정일 시기부터 꾸준히 지속

○ 북한은 1993년에 자연에네르기개발이용센터(NCEDC)를 설립하고, 재생에너지를 산업화하기 위한 정부 조직의 창설, 관련 법의 제정 등 상당한 노력을 경주

○ 전력 사정이 크게 열악한 상황에서 재생에너지의 개발 및 보급에 대한 관심은 적지 않았지만 자체적으로 일부 풍력발전기를 설치한 것을 제외하면 재생에너지를 개발하거나, 경제주체에 의한 태양광 등의 활용은 상대적으로 적었으며, NGO 등과의 개발협력에 의한 재

17) 국회사무처(2007), p.56.

생에너지의 활용이 중심

□ 김정은 집권 이후 에너지 정책으로서의 재생에너지 개발 및 보급 정책이 강조

○ 김정은 집권 이후 북한의 재생에너지 관련 동향이 더욱 주목을 받는 이유는 재생에너지 개발 정책이 이전에 없던 새로운 정책이기보다는 주민과 소규모 생산시설 등에서 태양광에너지 등 재생에너지 활용이 증가하고, 재생에너지 개발을 위한 북한 당국의 움직임이 상대적으로 활발하게 관찰되기 때문

○ 또한 기존의 전력 생산 구조로 전력 문제를 해결할 수 없기 때문에 재생에너지를 이용하면 전력 사정이 좋아질 수 있다는 대내외적인 선전 목적으로 재생에너지 이용을 강조하고 있는 측면도 존재

○ 당대회 및 최고인민회의에서도 에너지 자립을 위한 재생에너지의 사용을 강조

- 김정은 위원장은 2016년 5월에 있었던 제7차 당대회 사업총화보고에서 "전력 문제를 푸는 것은 국가경제발전 5개년 전략 수행의 선결 조건이며 경제 발전과 인민생활 향상의 중심고리라며, 자연에네르기를 적극 이용하여 국가적인 에너지 수요를 충족시켜야 한다"며,

- "풍력과 조수력, 생물질과 태양에네르기에 의한 전력 생산을 늘리며 자연 에네르기(에너지)의 이용 범위를 계속 확대해 나가야 한다"고 강조

- 6월에 개최된 제13기 최고인민회의에서도 “풍력과 조수력, 태양에네르기 발전소 건설 적지들을 빠짐없이 조사 장악하여 발전소들을 건설하는 것과 함께 모든 부문과 단위에서 실정에 맞게 자연에네르기에 의한 전력생산기술을 적극 받아들이고 그 리용 범위를 확대하며 도, 시, 군들에서 자체의 힘으로 중소형발전소건설과 운영을 실용성 있게 진행해나가겠다”고 보고

○ 2016년 신년사에서도 김정은은 전력 문제를 국가경제발전의 선결조건으로 제시하며, 재생에너지 이용을 적극 권장

- 신년사에서 김정은 위원장은 “전력문제를 해결하는 데 전당적, 전국가적 힘을 넣고, 현재 가동 중인 발전소들을 정비보강하고 만부하로 돌려 전력생산을 최대한 늘이며 발전능력을 새로 더 조성하기 위한 투쟁과 자연에네르기를 적극 이용하여 긴장한 전력문제를 풀기 위한 사업을 힘있게 밀고나가야 한다”고 언급

○ 북한의 전력문제 해결은 신년사마다 매번 강조되었으나, 2016년에는 특히 발전소의 정비 및 가동률 제고와 재생에너지 이용을 강조

- 2014년도에는 수력을 중심으로 한 재생에너지 이용을 장려한 반면 2016년에는 재생에너지의 이용 자체를 강조

- 김정은 체제 출범 이후 연구와 시범 사업에서 벗어나 전면적으로 활용하고 도입하는 방향으로 정책이 선회

  · “수력 자원을 위주로 하면서 풍력, 지열, 태양열을 비롯한 자연에네르기를 이용해 전력을 더 많이 생산하도록 해야 한다.”

○ 군중대회에서도 시도별 특성에 맞추어 전력 생산 정상화와 증대를

〈표 3-1〉 최근 3년 신년사 내 북한 에너지 분야 관련 내용

	에너지 분야 언급 내용
2014	- 전력 문제 해결을 위한 계획 수립 - 수력을 중심으로 한 자연에네르기 이용
2015	- 전력·석탄 증산, 전기 절약 - 전력수요 보장 - 원료·자재·설비의 국산화
2016	- 전력 부문의 선도, 전력 문제 해결 강조 - 발전소 정비 및 보강, 가동률 제고 - 단천발전소 건설 등 발전능력 제고 - 자연에네르기 적극 이용 - 전기 절약 및 효율적 이용

자료 : 남북교류협력지원협회(2015), p.4, 한국정책재단(2016), p.2 및 신년사 전문 참조.

〈표 3-2〉 2016년도 시·도 군중대회 에너지 분야 관련 주요 내용

	에너지 분야 과업
평양시	- 평양화력발전연합기업소를 비롯한 전력부문 생산 확대
평안남도	- 화력발전소를 정비, 보강하고 가동률을 향상하여 전력 생산 증가 - 용산청년발전소를 비롯한 중소형발전소 정상 운영 - 자연에네르기를 이용하기 위한 사업 추진 - 석탄 증산을 통해 화력발전소와 주요 부문에 정상 공급
황해북도	- 례성강청년 3호, 5호발전소 건설 추진
함경남도	- 장진강발전소 현대화 추진 - 함흥청년발전소 건설 조기 완공 - 자연에네르기 도입으로 전력 문제 해소
함경북도	- 서두수발전소 생산 제고
강원도	- 원산청년발전소 전력 생산 증가 - 원산군민발전소 건설 추진
자강도	- 홍주청년3호발전소 건설 조기 완공
량강도	- 삼수발전소, 운총강4호발전소를 정비 보강하고 전력생산 증대 - 자연에네르기 도입 추진 - 백두산영웅청년3호발전소 건설 추진

자료 : 남북교류협력지원협회(2016), 북한자원뉴스레터, 2016 겨울호.

강조하고 있으며, 특히 수력발전 능력 확장을 위한 움직임이 활발

- 이는 신년사에서 김정은 위원장이 발전소 설비의 정비 및 가동률 제고를 언급했기 때문인 것으로 보이며 함경남도, 량강도, 평안남도에서는 재생에너지 이용 및 도입을 추진하겠다고 발표

□ 이와 더불어 북한 정부는 재생에너지 개발을 촉진하기 위해 외국 자본 유치도 장려

○ 외국인이 풍력에너지 부문에 투자 시 소득세를 감면하는 조치를 추진

○ 2015년 12월에는 북한 경제특구인 원산-금강산 국제관광지대 전력공급을 위해 BOT(Built-Operate-Transfer) 방식으로 풍력 발전소 건설 계획을 추진하겠다고 발표[18)]

○ 북한 국가계획위원회 최인수 처장은 외국 기업과의 합영 및 합작을 통해 풍력발전기의 현대화와 대량 생산을 계획하고 있다고 언급

(3) 북한의 재생에너지 개발 체계

□ 북한의 에너지 정책은 에네르기관리법에 기초

○ 북한은 에네르기관리법[19)]에 따라 국가가 에너지 계획, 이용, 관리에 대한 정책을 수립하고 집행

---

18) 정우진(2016), p.11.

19) 북한법제정보센터, http://world.moleg.go.kr/KP/law/19121?pageIndex=16(2016.12.11. 접속).

- 에네르기관리법에 의하면 에너지는 “석탄, 원유, 수력, 풍력, 태양열, 지열, 핵물질 같은 것과 그것을 원천으로 하여 생산된 열, 동력 같은 것”으로 정의
- 에너지는 국가계획기관과 해당 기관이 생산과 수요를 계산하여 계획적으로 공급하며, 공급 계획은 국가계획기관이 수립
- 이 외에도 국가는 에너지 부문에 대한 연구, 인력양성, 발전소 건설 등 에너지 전반에 대한 정책을 시행

○ 에네르기관리법을 통해 알 수 있는 북한 에너지 정책의 기본 원칙은 ‘자력갱생’, 전력 생산의 정상화’, ‘소비 관리’로 법령은 에너지의 공급보다는 에너지 절약, 낭비 요소 제거 등 소비 관리에 보다 중점

- 소비 기준을 초과하였거나 낭비하였을 경우에는 에너지의 공급, 설비의 운영을 중지시키거나 손해를 보상하게 하는 조항이 존재하는데, 이는 북한 정부에서 에너지 소비를 매우 중요하게 생각하고 있음을 알 수 있는 대목
- 에너지 공급은 자력갱생이 기본으로 에너지 이용에 있어서도 연유를 대체할 수 있는 재생에너지의 사용을 적극적으로 권고
- 수입에 의존해야 하는 연유의 경우, 소비기준을 초과하여 공급하는 것을 불허하며, 연유를 대체할 수 있는 자원을 적극적으로 이용할 것을 권고

〈표 3-3〉 북한 에너지 관리법 주요 내용

	주요 내용
목적	- 에너지 낭비를 없애고, 수요를 보장
정의	- 석탄, 원유, 수력, 풍력, 태양열, 지열, 핵물질 같은 것과 그것을 원천으로 하여 생산된 열, 동력 같은 것
공급 주체	- 국가가 생산과 수요를 정확히 계산하여 공급
에너지 생산	- 연유의 경우 소비기준을 초과하여 공급 불가 - 연유를 대체할 수 있는 자원의 적극적 이용
에너지 이용	- 에너지 수요 기관은 부문별 인민경제계획에 앞서 중장기, 단기, 연간 에네르기바란스를 작성하며 이에 기초하여 에네르기소비계획을 세우고 정확히 집행 - 발전소 운영의 정상화 및 중소형 발전에서 생산한 전기는 건설 기관의 전력 수요를 보장하는 데 우선적으로 이용 - 신규 건설 시 에너지 효율을 고려 - 에너지 관련 설비의 제작 및 수입 시 에너지이용 효율이 정해진 기준보다 높아야 가능
기술개발 및 인력양성	- 기술개발 및 투자, 과학기술인재 양성, 교육교양사업 강화, 국제기구들과의 교류와 협조는 국가에서 담당
관리	- 내각하 해당 중앙기관에서 에네르기관리 산업에 대한 지도를 담당 - 내각과 해당 중앙기관은 생산과 공급, 소비를 장악 - 소비 기준을 초과하였거나 낭비하였을 경우에는 에너지의 공급, 설비의 운영을 중지시키거나 손해를 보상

자료 : 북한 에네르기관리법을 기초로 저자 정리.

□ 2013년에는 6장 46조로 구성된 재생에네르기법을 제정해 재생에너지의 개발과 이용을 법적으로 규정

〈표 3-4〉 북한 재생에너지 관리법 주요 내용

	주요 내용
목적	- 재생에너지 산업을 활성화해 경제를 지속적으로 발전시키고 국토환경을 보호하는 데 이바지
정의	- 태양광, 풍력, 지열, 생물질, 해양에너지 등 환경에 영향을 주지 않으면서 재생 가능한 에너지

(계속)

	주요 내용
주요 내용	- 재생에너지 정의와 법의 목적 - 재생에너지 자원 조사와 개발·이용에서의 기본원칙 - 재생에너지 개발·이용 계획 및 장려 - 재생에너지 부문의 물질·기술적 토대 강화 - 재생에너지 부문 지도통제에서의 법적 요구
관리	- 국가계획기관이 자원조사 계획을 수립 - 자원조사 기관이나 단체는 반복조사를 없애고 재생에너지 자원을 빠짐없이 찾아낼 수 있도록 조사 단계별로 설계
에너지 생산	- 기관·단체·개인 등이 재생에너지를 널리 개발하고 이용하는 것을 적극적으로 장려

자료 : 연합뉴스를 재정리.[20)]

□ 북한의 재생에너지 개발은 1993년 자연에네르기개발이용센터(NCEDC)를 설립하면서 시작되었으며, 현재는 자연에네르기연구소가 중심

○ 1993년 북한은 재생에너지 개발을 장기 국가행동계획의 주요 전략으로 선정하고, 국가과학원의 부속 조직으로 자연에네르기개발이용센터(NCEDC; Non-Conventional Energy Development Center)를 설립

- 기존의 열공학연구소, 광업연구소, 수학연구소, 역학연구소의 일부 연구팀을 배속시켜 확대[21)]

○ 1994년 재생에너지 관련 정부부처 장관들로 구성된 재생에너지 산업화를 위한 국가비상임위원회(NNREC; National Non-Standing Renewable Energy Commercial)를 설립

○ 2014년 10월 13일, 자연에네르기개발이용센터를 확장하여 위성과

20) 연합뉴스, "北, 재생에너지법 제정… '관련산업 활성화·환경보호'"(2016.12.10. 접속).
21) 김종선 외(2011), p.92.

학자주택거리 맞은편에 자연에네르기연구소를 신설

- 국가과학원 산하 조직으로 풍력, 태양열, 태양광, 생물질, 메탄수화물, 수소에너지 기술 개발을 위한 전문 연구기관으로 2014년 기준 리명선 소장이 책임자로 확인

- 5층의 중앙청사와 실험동, 종합공장동, 19개 연구실(풍력, 지열, 태양열, 생물질에너지 등), 21개 실험실, 전자도서실에 180여명의 연구원(박사 7명, 학위 소유자 60명)들로 구성[22)]

- 2016년 기준, 풍력자원조사연구실, 풍력기계연구실, 풍력에네르기종합연구실, 풍력타빈연구실, 기술공정연구실[23)]이 있는 것으로 확인

○ 이 외에 2003년 평양국제새기술경제정보센터(PINTEC)가 환경보호, IT, 에너지 개발, 원예, 유기농 부문의 국제교류 확대를 목표로 설립

- 환경센터와 원예센터, 에너지센터를 분센터로 망라하고 있으며, 지속적인 에너지 개발을 위해 자료기지를 구축하고 국토환경보호성을 비롯한 연관 단위의 연구 성과를 종합적으로 체계화하는 사업을 추진[24)]

- PINTEC는 재생에너지 중에서도 풍력부문에 대한 연구에 중점을 두고 있는 것으로 사료[25)]

- 센터는 풍력 에너지 이용 확대를 꾀하는 농촌 에네르기와 깨끗한

22) 이춘근·김종선(2015), p.8.
23) 노동신문, 2016.11.3.
24) 조선신보, 2006.7.25.
25) 국가안보전략연구소(2014), p.168.

환경본보기 창조를 위한 대상계획 등의 사업을 추진했던 것으로 확인[26)]

(4) 재생에너지 개발 계획

□ 1998년 에네르기관리법을 제정하여 가정 및 공공부문에서의 재생에너지 이용 사업을 본격적으로 추진하였으며, 2001년에는 재생에너지 개발 국가 5개년계획을 수립

○ 태양광, 태양열, 풍력, 바이오, 해양, 연료전지 등 6개의 재생에너지원과 에너지 데이터베이스화 계획 등 총 7개 부문에 대해 계획을 수립하였으며, 에너지원별 연구개발 주체, 목적, 주요 연구 과제를 제시

○ 재생에너지의 인지도 제고 및 연구개발 인력 양성, 시범보급사업의 추진 등도 계획에 포함되어 있으며, 국가과학원 산하 연구소들과 김책공업종합대학이 유관기관으로 함께 계획에 참여

□ 2014년 자연에네르기 중장기 개발계획을 수립하였으며, 2044년까지 재생에네르기 발전설비용량을 500만kW로 확대하겠다는 계획

○ 재생에너지 발전의 목표 설비용량인 500만kW는 현재 북한의 주요 전력 설비인 수력 발전을 상회하는 규모

- 2015년 기준 발전 설비용량은 742만 7,000kW로 이 중 수력이 446만 7,000kW, 화력이 296만 6,000kW이며, 청천강계단식발전소의

26) 연합뉴스, "北, 풍력에너지 개발에 관심"(2017.3.2. 접속).

〈표 3-5〉 북한 재생에너지 발전 계획도

	2014년	2024년	2034년	2044년
풍력	중, 대형 풍력발전기 제작기술 생산량 예측 체계	해상풍력자원도 작성 대용량 풍력발전소	10MW이상 급 풍력발전	전력수요의 15% 보장
지열	열뽐프기술 전력생산공정 수립	고온암체탐사 및 리용기술	대규모 고온지열발전	지열에네르기가 온 나라에 넘쳐나게
태양에네르기	태양열 직접리용, 촉열 및 열수송기술 태양열발전, 빛전지효율 제고	태양에네르기 발전소	태양에네르기 발전소 확대 도입	우주태양빛 발전소
생물질에네르기	에네르기작물의 육종과 재배 에네르기 전환기술개발	생물질에네르기 전환기술 성숙	생물연료의 생산공급	생물연료의 광범한 리용
메탄수화물	메탄수화물 탐사 및 자원분포도 작성	메탄수화물 시험채취 공정설계	환경평가 감시조종체계	메탄수화물 채취리용
수소에네르기	수소제조공정확립 및 효율제고	수소저장 및 운반기술 개발	고성능 수소연료전지 하부구조 구축	수소에네르기 전면적 리용
자연에네르기 주택구역 형성	자연에네르기 자립주택기술 도시폐열 리용	자연에네르기 주택구역 형성	탄소 령인 도시 실현	자립주택의 전국적 도입
자연에네르기 하부구조	분산전원체계기술 및 보호기술	독립형과 계통련결형 발전 관리체계 형성	지능에네르기 및 전력 공급함 도입	자연 에네르기 리용체계 구축
공동연구, 협동연구 강화	생물, 기계, 화학, 재료, 열공학, 지구물리와 협동 연구	성능제고, 원가저하	새로운 에네르기 기술 개발	
사회적 인식	전체 인민이 자연에네르기 중요성 인식		에네르기에 의한 발전능력 500만 kW	

자료 : 통일뉴스 재인용.[27)]

총출력이 43만kW

○ 계획을 살펴보면, 재생에너지원 중 주요 에너지원은 대규모 풍력 발전이 될 것으로 예상

- 지열은 난방 시설, 태양에너지는 전지 및 가정을 중심으로 보급, 생물질에네르기와 메탄수화물은 연료용, 수소에네르기는 전지로의 사용을 꾀하고 있는 것으로 파악

- 국가 주도의 대규모 전력 발전은 풍력이 중심이 될 것이며, 태양에너지는 소규모 그리드 및 독립형으로 사용되는 방향으로 나아갈 것으로 예상

2. 북한의 재생에너지 개발 및 보급 현황

(1) 풍력

□ 북한 정부는 1978년부터 전국의 풍력 자원에 대한 조사를 시작했으며, 북한 측 조사자료에 의하면 북한의 풍력발전 잠재량은 400만kW로 추정[28)]

○ 2015년에는 국가과학원 지구환경정보연구소에서 풍력자원열람시스템을 개발해 수십 년간 관측한 자료들을 종합 분석해 풍력자원 분포도를 새롭게 작성

---

27) 통일뉴스, "북한, 2044년까지 재생에너지 활용해 500만kW 전력 생산 계획 수립"(2016.9.20. 접속).

28) 이유진 외(2007), p.120.

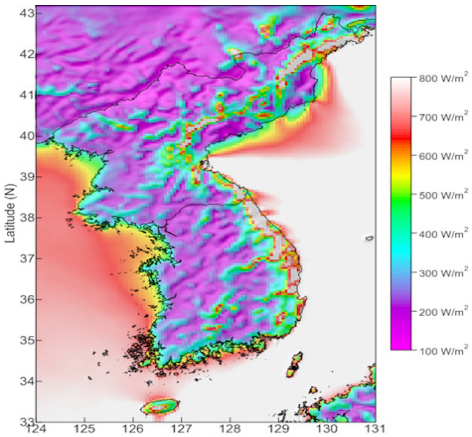
○ 북한 전 지역의 고도 50m 기준, 연평균 풍력밀도는 58.6W/m²[29]이며,

○ 풍속이 초당 4.5m/s 이상인 지역은 북한 전체 면적의 18%에 해당하며, 동 지역에서 4GW에 달하는 전력을 생산할 수 있을 것으로 예상[30]

- 특히 서해안 지역은 여름에 남서쪽으로부터 풍속 8~10m/s의 바람이 불어 대규모 해상풍력 발전에 좋은 입지 환경을 보유하고 있는 것으로 분석[31]

○ 북한에서 풍력발전이 가능한(풍력밀도 300W/m² 이상) 지역의 발전 가능 용량을 보면, 남한 25.5GW, 북한 43.6GW로 남한의 1.7배에 해당[32]

〈그림 3-1〉 한반도 풍력밀도 분포 현황



자료 : 한국에너지연구원(2014), p.8.

29) 윤준희 외(2010), p.232.
30) 손충렬(2006), pp.109~124.
31) 한국에너지기술연구원(2014), p.8.
32) 한국에너지기술연구원(2014), p.8.

- 태백산맥, 함경산맥을 중심으로 한 산악지역과 내륙 중심부의 개마고원 지역에서 비교적 높은 값을 나타내며, 2·3·4월이 가장 높은 풍속 분포를 보이는 것으로 분석[33)]

○ 북한 경제전문지 경제연구는 북한의 풍력자원은 초보적인 타산에 의하더라도 수백만kW 정도로 평가되고 있으며 거의 모든 지역에서 풍력자원을 이용할 수 있다고 평가

□ 북한은 풍력 개발을 국가 전략으로 선정하고, 다양한 계획들을 발표

○ 국제사회의 지원으로 1997년부터 북한에 풍력 발전기 보급이 시작되어, 2006년 기준 총 5,000kW의 발전 능력을 보유하고 있다고 평가[34)]

○ 북한 정부는 2020년까지 50만kW의 풍력발전설비를 설치한다는 구상하에, 2006년부터 총 3단계에 걸쳐 풍력발전단지를 조성한다는 계획을 발표하였으며, 수년 내 5kW급 풍력터빈 제조공장을 건설하여 농촌 및 도서지역 가정에 공급한다는 구상

- 1단계(2006~2010년)에서는 10~600kW급 개별형 풍력터빈들로 구성된 총 1만kW의 풍력발전 시범단지를 조성하고, 풍력발전에 대한 전반적인 지식, 운영, 건설, 관리 기술을 습득

- 2단계(2011~2015년)에서는 국제기관 및 NGO들과 협력하여 10만kW 규모의 풍력발전단지를 건설

33) 윤준희 외(2010), p.232, 서범근 외(2011), p.476.
34) 민족21(2010), p.163.

- 3단계(2016~2020년)에서는 내륙과 더불어 50만kW 규모의 해상풍력 단지 건설을 추진할 계획

○ 2013년에는 풍력 발전 비중을 10% 이상 확대한다는 계획을 발표[35] 하였으며, 풍력 이용 활성화를 위해 매년 1만대 이상의 소형 풍력 발전기를 생산할 계획이라고 보도[36]

- 북한 당국은 서부에 위치한 대안전기공장, 동부에 위치한 김책풍력발전기공장 두 곳을 전문적인 소형 풍력발전기 생산 공장으로 정하고, 공장 현대화를 통해 0.3~10kW급 풍력발전기를 매년 각각 5,000대 이상 생산할 것이라고 발표

- 서해안인 평안남도 온천군 마영노동자구와 한현리, 송현리 등에서는 풍력발전기 1대로 5가구가 전기를 사용하고 있으며, 풍력발전기 도입(비율)이 70%에 달한다고 소개

- 황해남도 과일군과 옹진군, 남포시, 나선지구를 비롯한 동서해안의 일부 지역에서는 10~225kW급 풍력발전기가 사용되고 있다고 보도

□ 북한은 1990년대 중반부터 수력에 이어 풍력을 새로운 에너지원으로 개발하기 시작

○ 룡천군은 1995년부터 풍력발전소를 건설해 군 내에 전력을 공급

○ 1997년부터 풍력 발전 개발 및 보급이 본격화[37]되었다고 소개

- 1997년 평양시에 위치한 10월5일자동차종합공장에 소형 풍력발

35) 조선중앙통신, 2013.11.18.
36) 조선중앙통신, 2013.11.18.
37) 노동신문, 1997.9.18., 북한 중앙방송, 1997.8.5.

전기를 설치

- 평안남도 안주시와 온천군을 비롯한 서해안 평야지대를 중심으로 50w~1kW급 소규모 풍력발전기를 1,000여개 설치[38]하였으며, 평양시 당위원회에서 평천구역 안산공원에 소형 풍력발전소 건설을 결정[39]

- 협동농장 별 1 풍력 발전소 건설을 추진하였으며, 신의주시와 용천군 등 해안지대 시·군에 40여개의 풍력발전소를 건설

○ 1998년 김정일 노동당 총비서는 전력난 타개책의 일환으로 각 군 단위에 소규모 풍력발전소를 건설하라고 지시[40]

- 룡천군을 풍력발전소 모범군으로 지정하고 전국 각지에 풍력발전소 건설을 시작

- 남포시 천리마구역에 풍력발전기 수십대를 제작, 설치해 조명용 전기 문제를 해결

- 수력발전소 건설이 어려운 강서구역의 구역 안전부, 구역청년동맹위원회, 편직공장, 화학공장 등에 200여개의 풍력발전기를 건설

- 미국 노틸러스연구소는 온천군에 7기의 풍력발전기를 설치

○ 2000년에는 190여개의 풍력발전기를 황해남도에 건설

○ 2004년 기준 300kW의 풍력발전 설비가 설치되었는데, 대부분이 10kW 이하의 소규모 발전기

---

38) 중앙방송, 1997.8.5.
39) 노동신문, 1997.9.18.
40) 노동신문, 1998.10.11., 북한 중앙방송, 1998.8.12.

- 제614부대 내 풍력발전소가 완공[41)]

○ 평안북도 의주군 홍남협동농장은 풍력발전기에서 생산하는 전기로 과수작업반과 제9작업반 농장원세대들의 전기를 해결[42)]

○ 2016년 기준 단천시에는 50kW 용량의 재생에너지 발전소가 위치

- 날개의 길이 6.2m의 20kW풍력발전기 1대와 100~500W의 소형 풍력발전기 12대, 120개의 태양열전지판으로 구성되었으며, 주변에 위치한 버섯공장에 전력을 공급하고 있다고 2016년 노동신문에서 보도[43)]

○ 남포시 령남배수리공장에는 2008년 기준 6대의 풍력발전기와 100여 개의 태양광전지판이 설치

- 생산된 전기는 정보설비들과 편의봉사망 운영에 필요한 전력수요에 충당

□ 또한, 풍력발전 단지 개발을 위해 적극적으로 투자를 유치하고, 국제사회와 활발하게 교류

○ 스위스 NGO 캄푸스 퓌어 크리스투스(Campus fur Christus)는 황해북도 지역에 30W, 2kW 규모의 풍력발전기를 각각 1대, 3대 운영

○ 2005년에는 유엔개발계획(UNDP)의 지원을 받아 온천군과 평안북도 철산군에 소형 풍력발전기를 설치

41) 중앙방송, 2004.2.4.
42) 조선신보, 2006.1.12.
43) 노동신문, 2016.10.23.

- 공사에는 총 145만 달러(약 15억원)의 비용이 들었으며 UNDP가 전체 비용의 2/3를 지원

○ 2014년에는 풍력 에너지에 투자하는 외국 기업에 대해 소득세를 감면할 계획이라고 발표[44)]

○ 러시아 기업이 북한과 러시아 접경지역에 풍력발전 단지를 건설할 예정인 것으로 보도

- 러시아 극동지역 최대 전력회사인 라오동부에너지시스템(RAO Energy System of East)이 향후 2년 동안 북-러 접경지역 양쪽에 풍력발전 단지를 건설해 생산한 전기를 북한에 판매할 계획이라고, 영국의 풍력발전 전문 월간지 윈드파워에서 보도[45)]

- 북한과 러시아는 2015년 4월 평양에서 열린 제7차 북-러 통상경제·과학기술협력 정부 간 위원회 회의에서 공동으로 풍력발전소를 건설하며, 에너지 부문에 대한 협력을 강화하기로 합의

- 2016년이나 2017년에 공식 착공될 것으로 전망되며, 러시아 극동 프리모르예 지방에 2곳, 북한 라선경제특구에 2곳 등 모두 4곳에 풍력발전 단지를 건설해 총 40MW의 전기를 생산할 계획

- 생산된 모든 전기는 북한에 판매될 것이며, 이번 사업에 5,500만 달러에서 6,200만 달러 정도가 투자될 예정

- 송전 사업이 순조롭게 진행될 경우 라선특구에 전기가 공급될 것이며, 앞으로 10년간 총 600MW의 전기를 공급할 계획

---

44) 조선신보, 2014.11.28.
45) 러시아기업, 북러 접경 풍력발전단지 추진(2017.1.22. 접속).

○ 북한은 경제특구인 원산-금강산 국제관광지대 내 통천지구와 금강산지구의 전력수요를 보장하기 위해 풍력발전소 건설을 BOT(Built-Operate-Transfer) 방식으로 추진할 것이라고 발표

- 2015년 원산-금강산 국제관광지대 투자대상안내서에 의하면 풍력발전소의 총투자규모는 3,250만~3,900만 달러, 이행기간은 건설 2년, 운영 10년

□ 북한의 풍력발전 기술 연구는 기초 연구는 상당히 진척되었으나, 산업화 단계에는 이르지 못한 것으로 평가

○ 1998년, 국가과학원 전기연구소는 2~3세대 단위로 사용 가능한 극소형풍력발전기를 제작해 7기의 운전을 개시[46)]

- 제작된 발전기는 바람속도가 3~3.5m/s일 때 전기 생산이 가능하며 총무게는 20여kg, 최대 출력은 300W

○ 김책공업종합대학은 2007년 북한의 지형 및 기상기후 조건에 맞는 1kW급 신형 풍력 발전기를 개발

- 새로운 발전기의 전기 생산 원가는 수력·화력의 1/3 정도이며, 제작이 쉽고 회전날개 길이 조절이 가능해 풍속에 따라 부하를 자동 조절하면서 정격 출력을 낼 수 있다고 선전

○ 2014년에는 에너지 효율을 높인 10종 소형 풍력 발전기 및 김책공업종합대학에서 풍력 발전기를 개발하였다고 보도[47)]

---

46) 노동신문, 2006.3.30.
47) 조선중앙통신, 2014.11.28., 조선중앙TV, 2014.12.

○ 2016년 북한 국가과학원은 100kW 풍력발전기 개발에 성공[48]했으며, 풍력발전과 태양광전지발전을 결합한 전력생산시스템을 개발

- 새로 개발된 풍력발전기의 높이는 21m 이상, 총중량 20t 이상으로 길이가 10.2m인 3개의 날개, 날개설치틀, 유압식날개설치각조절장치, 발전기, 증속기, 유압식제동장치, 조종장치, 탑 등으로 구성

○ 전자공업성 산하 평성자동화기구공장과 새날전기공장, 전자기술제품연구소에서 10kW, 600W풍력발전기들을 새로 제작[49]

- 길이가 3.8m인 3개의 수지날개와 영구자석발전기, 선회부, 탑 그리고 조종반 등을 성과적으로 제작하고 조립, 설치하였다고 보도

- 시동풍속 3m/s, 정격풍속 10m/s로 설계되었으며, 시험 운영 결과 날개의 회전수가 150회/분일 때 10kW의 정격출력으로 전력 생산이 가능

- 전자자동화설계연구소와 새날전기공장에서는 건물 지붕 위 등에 설치하여 사용 가능한 600W '도시형풍력발전기' 개발에도 성공

- 날개직경은 1.2m, 시동풍속은 3m/s, 정격풍속은 8m/s, 총중량은 70kg으로 시험 운영 결과 풍속 6m/s일 때 510W, 8m/s일 때 630W의 전력 생산이 가능

○ 국가과학원 신의주첨단기술교류소에서는 날씨가 흐려 태양광전지판의 전력 생산이 부족할 경우, 풍력발전기로 전력 생산을 보장하

48) 노동신문(2016.5.7), 메아리, "국가과학원 100kW 풍력발전기 개발에 단번 성공"(2016.11.20. 접속).
49) 노동신문, 2016.5.14.

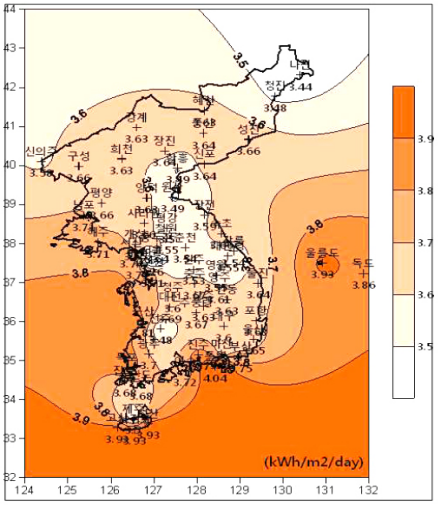
는 방식의 풍력 및 태양광 결합 전력시스템을 개발[50)]

- 생산된 전력을 조종기를 거쳐 축전지에 충전하고, 변류기가 축전지의 전력을 교류 220v로 변환해 해당 부하에 전력을 공급하는 방식
- 전력생산용량은 3.5kW이며, 300W 용량의 가정용 소형 풍력발전기 3대, 2.6kW 용량의 태양광전지판이 설치

(2) 태양광/태양열

□ 북한의 연간 일사량과 일조시간은 각각 1,300kWh/m², 2,280~2,680시간[51)]

〈그림 3-2〉 하루 평균 수평면 전일사량 분포도



자료 : 한국에너지기술연구원(2014), p.9.

50) 노동신문, 2016.3.15.
51) 한국에너지기술연구원(2014), p.8.

○ 북한의 평균 일사량은 오레곤, 펜실베이니아와 같은 미국의 일부 도시보다는 적지만, 프랑스, 독일과 같은 유럽 북부 지역보다는 풍부한 수준

○ 한국에너지기술연구원에 의하면, 남한 16개 지점의 하루 평균 일사량은 3.67kWh/m^2, 북한 21개 지점은 하루 평균 3.61kWh/m^2

□ 북한의 태양 에너지 보급은 태양열 분야가 중심이 되고 있으며, 태양광 분야는 기술개발에 집중하고 있고, 집광 부문은 일부가 실용화[52)]

○ 2005년 평양시 주변 협동농장에 비료 생산을 위해 수백 개의 태양열 온실을 건설[53)]

- 겨울철 낮은 온도로 양질의 비료 생산이 불가했으나, 태양열온실을 통해 비료 생산에 필요한 열원 확보가 가능

○ 2006년, 평양시는 현대화 사업을 추진하면서 전력난 해소를 위한 시범아파트로 평양시 광복거리 내 50세대의 태양열난방살림집을 건설[54)]하였으며, 평양시 강동군 순창협동농장에서는 축열식 태양열 온실을 건설하여 담뱃잎 저장에 이용[55)]

○ 곡산군량정사업소에 있는 태양열온실은 립체식다락태양열온실로 겨울에 추가 열원 공급 없이도 태양열만으로 필요한 온도 보장이 가능[56)]

---

52) 한국에너지기술연구원(2014), p.24.
53) 조선신보, 2005.10.3.
54) 조선신보, 2006.10.11.
55) 조선신보, 2006.10.11.
56) 노동신문, 2006.3.15.

○ 2007년 국가과학원 열공학연구소에서 태양열을 이용해 50여명 분의 취사가 가능한 5kW급 축열식 태양열 가열기를 개발[57)]

○ 2011년, 국제 개발지원단체인 독일 카리타스가 강원도 통천군 결핵요양소, 평남 성산결핵전문병원, 함남 함흥간염예방원 등 9곳에 태양열 온실을 건설해주는 사업을 진행[58)]

○ 태양열 온실은 과거 외부에서 지원을 받아 운영되었으나, 2011년경부터 제한적이지만 자체적으로 확산을 도모하고 있는 것으로 관측

- 2011년 10월 북한은 평양만경대 지구에 '태양열설비쎈터'를 건설하였는데, 당시 김정일 국방위원장은 태양열이 날로 늘어가는 나라의 에너지 문제를 해결하는 데 중요한 위치에 있음을 강조[59)]

- 태양열 온실은 북한 주민들의 식생활과 건강증진에 크게 기여할 수 있는 정책대안으로 주목

- 해선협동농장을 비롯한 개성시 안의 협동농장들에도 태양열온실(비닐하우스)을 운영하고 있으며, 2013년 한 해에만 전국적으로 7,000동의 태양열비닐하우스를 새로 건설했다고 보도[60)]

○ 나선 경제특구 및 서부지역 공군기지 등에서도 태양광 발전 단지를 운영 중

- 미국 존스홉킨스대 한미연구소 커티스 멜빈에 의하면, 북한은 나선 경제특구 내 카지노에 약 4,900m^2 규모의 태양광 발전단지와

57) 조선신보, 2007.3.30.
58) Voice of America, 2011.11.14.
59) 디지털타임즈, 2012.7.15.
60) VOA, 2016.5.24.

서부지역 공군기지에도 약 5,260m²의 태양광 발전단지를 운영

- 나선 경제특구에 있는 황제호텔 건물 앞 140m에 달하는 태양열판 355개가 설치된 위성 사진도 관측

- 규모를 가늠하기는 어려우나 평양 과학단지에서도 태양광 발전을 하고 있는 것으로 추정

○ 이 외에도 우리민족끼리는 2015년 완공된 과학기술전당이 태양에너지를 이용한 녹색전력 생산체계를 구축했다고 보도

○ 북한의 일부 교육기관들에서도 태양에너지로 교육에 필요한 전기를 해결[61]하고 있다고 선전

- 남포제1중학교에서는 컴퓨터 등 전자 장비를 교실에 설치하면서 필요해진 전력 수요를 태양에너지로 충당

○ 태양광에너지를 동력으로 한 운송수단 또한 소개

- 태양광 유람선은 육해운성의 일꾼들과 해운과학연구소, 영남배수리공장의 과학자, 기술자, 노동자들에 의해 건조되었으며[62],

- 진동과 소음이 매우 작으며, 승선인원은 50~60명 평균 속도는 4~6노트 정도로 김일성광장부터 주체사상탑까지, 수도 평양 시민들의 출퇴근에 활용

- 길이는 23m, 너비가 6.5m, 배수량은 45t으로 유람선에 설치한 태양빛전지판(190W)과 축전지(100A/h, 12V)는 각각 85개이며, 20kW짜리 비상발전기가 구비

61) 자주시보, http://jajusibo.com/sub_read.html?uid=25015&section=sc3(2016.11.20. 접속).
62) 중앙통신, 2016.5.31.

- 남포시에서는 태양광 에너지를 이용하는 대형 버스가 제작되었다고 보도[63)]

○ 조선중앙TV는 2016년 3월 태양광으로 전기를 자급자족한다는 주유소를 소개[64)]

- 관련 관계자에 의하면 태양광전지판에서 항시 40kW의 전기가 생산되고 있으며, 풍력발전기를 같이 이용하기 때문에 전기가 모자라본 적이 없다고 언급

○ 타스 통신에 의하면, 북한 전문가들이 평양에 곧 중앙 에너지 공급과 무관하게 자체적으로 가동이 가능한 주거지역이 출현할 것이라고 보도

- 각 주거지역은 특수 장비를 설치해 방의 온도를 조절하고 무정전 시스템을 갖추게 될 것으로 예상

○ 연합뉴스TV 보도에 의하면, 개성시 내 기관, 기업소, 학교, 수만 세대의 가정집에서 태양전지판과 축전지를 도입하여 자체로 생산한 전기를 실내조명과 문화생활에 이용

- 개성시정보통신국에서는 태양전지판과 풍력발전기를 이용하여 본청사와 여러 분구들의 설비들을 정상운영하고 있으며, 개건된 은덕원과 개성중등학원, 개성육아원과 애육원에서는 태양에너지를 이용한 물 가열기로 추운 겨울철에 근로자들과 원아들에게 더운물을 충분히 보장

63) 중앙통신, 2016.6.20.
64) 조선중앙TV, 2016.3.11.

□ 가정집에서 태양에너지를 가장 적극적으로 활용하고 있으며, 약 10만 가구에서 태양광 패널을 사용하는 것으로 추정[65)]

○ 주민들은 북한 정부의 전력 공급에서 후순위에 있어 평양 일부 지역을 제외하고는 전력난에 시달리고 있어 태양에너지를 이용한 전력 활용에 적극적

○ 서방의 일부 북한 전문가들은 2014년 말 기준, 약 10만 가구가 태양광 전지판을 사용하고 있는 것으로 추정

- 로이터 통신이 2016년 4월 보도한 바에 의하면, 평양 가정집 창문에서 목격되는 태양광 패널이 전년보다 3배가량 제고

○ 2014년 남북의 창 보도에 의하면, 중국 내 북한 국경 인근 지역의 전자상가에서 판매되는 태양광 전지판들이 북한 무역상을 통해 북한 내 보급

- 중국 연길, 단둥 지역 내 전자상가 판매자에 의하면 태양광전지판, 태양광용 12V 배터리와 가전제품 등이 주로 거래

- 평양과 인근 평성, 개성 등의 아파트와 주택에서는 태양광 집열판을 설치한 모습을 어렵지 않게 찾아볼 수 있으며, 2014년 탈북한 탈북자는 10집에 2집 꼴로 평성에 태양열전지판을 보유하고 있었다고 증언[66)]

○ LA타임스에 의하면, 평양 경흥동에 위치한 전자제품 매장 보통강정보기술교류사에서 일반인을 대상으로 태양광 패널과 전지를 판

65) 코트라(2016), "북한 10만 가구 태양광 패널 사용 추정".
66) 남북의 창, "北 태양광 에너지 독려 전력난 대안 되나?", http://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=3388096(2017.3.7. 접속).

매 중[67)]

- 보통강정보기술교류사에서는 매월 약 150개의 태양광 패널을 판매하고 있으며, 약 35달러에 거래되는 중국산 50W, 160달러 수준의 200W 제품 등을 판매

- 북한 시장이나 백화점에서는 20W짜리 태양광 패널이 35만원(암시장 환율로 약 44달러) 정도에 거래[68)]

○ 데이비드 폰 힙펠 노틸러스 연구소 연구원은 북한의 총전력생산량 중 태양광이 차지하는 비중은 0.1% 수준에 불과하지만 일반 주민의 삶의 질 향상에 큰 영향을 미치고 있으며, 기업소를 가동시키기에는 부족하지만 일반 가정 내에서 사용하기 위한 용도로는 충분한 수준이라고 언급

○ 최근에는 가정집 외에 공장과 기업소에서도 전지판을 구입하고 있는 추세

□ 북한의 일부공장들은 태양광전지판 등 관련 제품들을 자체적으로 생산하고 있다고 선전

○ 조선중앙통신에 의하면, 북한은 김일성종합대학의 연구를 바탕으로 진흥태양광전지공장(Jinheung Solar Energy Battery Plant)에서 태양광패널을 자체적으로 생산하고 있다고 주장[69)]

---

67) VOA, 2016.5.24.

68) 에너지경제, http://www.ekn.kr/news/article.html?no=138803(2017.1.31. 접속).

69) 중앙통신, 2016.3.3., 노컷뉴스, http://www.nocutnews.co.kr/news/4556713(2016.12.20., 접속).

- 김일성종합대학이 북한식 태양빛에너지 발전체계 연구와 태양빛 에너지 이용 제품 생산의 공업화 실현에 성공했다고 선전
- 태양광에너지로 전기를 생산하는 전 과정이 컴퓨터에 의해 통합 조종되는 북한식의 태양광에너지 발전체계를 새롭게 개발하였으며,
- 발전체계는 1~5kW 용량의 가정용으로부터 10~30kW 용량의 기관과 봉사시설용, 50~500kW 능력의 공업용에 이르기까지 조도감시와 부하조절, 축전지 충·방전 감시 등이 컴퓨터로 통합 조종
- 고효율 태양광 전지판을 비롯한 태양광에너지 이용제품들을 대량 생산할 수 있는 공정도 완비돼 생산의 공업화를 실현

○ 2011년에는 평양 만경대 지구에 태양열설비센터를 건설해, 태양열 온수기를 평양시내 건물 및 인민군부대들에 시범적으로 설치하고, 대대적으로 생산을 시작[70]했다고 보도

○ 국가과학원 자연에네르기연구소 내에도 2015년 태양광전지판 생산 공정이 건설되어, 생산이 시작[71]되어

- 레이저절단공정, 박편납땜공정, 모듈조립공정, 밀봉공정, 틀조립공정, 측정공정 등으로 이루어졌으며, 출력이 수십W로부터 30W 이상 되는 태양빛전지판들을 조립하고 있다고 선전

○ 2016년 광명LED·태양전지공장 조업이 시작되어 본격적으로 LED 제품 생산을 시작[72]하고 있다고 보도

---

70) 디지털타임즈, 2012.7.15.
71) 노동신문, 2016.5.14.
72) 노동신문, 2016.6.9., 우리민족끼리, 2016.8.14.

- 공장은 생산과 판매의 일체화가 실현된 산업기지로 LED투광등, LED가로등, 구형LED정원등, 이동형LED등과 같은 다양한 LED제품과 태양전지를 생산
- 또한 공장 내에는 대규모 연구소가 위치해 18종 80여대의 첨단 설비를 갖추고 조명등을 설계하고 새 제품을 개발하는 역할을 하며, 생산 공장에는 5~200W까지 다양한 LED 제품을 만들 수 있는 단선 설비라인이 마련
- 태양전지 공장은 43종의 현대적인 설비를 갖추고 3세대 태양전지 개발을 추진하고 있으며, 이미 발전원가를 낮출 수 있는 새로운 기술을 자체적으로 개발했다고도 보도

○ 보통강정보기술교류사의 점원도 판매되고 있는 패널 중 일부는 북한에서 생산된 것이라고 언급[73]한 것으로 볼 때 일부 제품은 북한에서 자체적으로 생산하고 있는 것으로 추정

○ 하지만, 아직까지는 핵심부품을 수입해 와 절단하고, 조립해 태양광패널(태양빛패널)을 생산하는 수준인 것으로 파악

□ 북한 내 태양광 제품 생산이 늘어남에 따라 관련 제품 수입도 증가 추세이며, 중국산이 대부분이나 일부 타 국가로부터의 수입제품도 존재

○ KOTRA에 의하면, 2015년까지 북한은 약 15MW 규모의 태양광 시스템을 수입한 것으로 집계되었으며, 그중 약 1/3이 2014년에 수입

73) 코트라(2016), "북한 10만 가구 태양광 패널 사용 추정".

○ 타스 통신에 의하면, 태양열로 전기를 사용하는 일반 주민들이 늘면서 여러 종류의 태양열전지판이 수입되고 있는 가운데 일반 주민은 중국산을 사용하고 있지만, 권력이 있는 간부들은 한국산과 일본산, 심지어는 이집트산도 사용[74)]

- 또한 타스 통신은 평안북도 소식통의 말을 인용해, "발전소와 송배전소에 필요한 교류접촉기와 자동개폐기 등 전기 관련 설비들이 중국 단둥에서 대량으로 수입되고 있으며, 수입된 전기설비들은 중국 상해와 천진에 있는 전기회사에서 생산한 것으로 중국에 주재하고 있는 북한 무역회사들로부터 들여오고 있다"고 보도

○ 중국신문망 등 중국 언론에 의하면, 북한은 2014년 베트남, 미얀마 등과 함께 중국 재생에너지 기업들로부터 태양광 발전 관련 설비를 구매[75)]

- 설비의 구체적인 종류와 규모는 확인되지 않았으나, 작년 유럽연합(EU)의 중국산 태양광 패널에 대한 반덤핑 및 반보조금 관세 부과 결정 이후 중국의 관련 업계가 주력 시장 전환을 꾀한 시기와 북한의 설비 구매 시기가 일치

- 북한은 2013년 10월, 중국 과학기술부가 저개발국 관료와 기술자를 대상으로 란저우에서 20일간 진행한 태양에너지 응용기술인력 양성프로그램에도 참가한 것으로 확인

74) 노컷뉴스, http://m.nocutnews.co.kr/news/4541145(2016.1.31. 접속).
75) 연합뉴스, 2014.1.25.

(3) 바이오매스

□ 북한은 산악지형이 많고 농업 비중이 높아, 나무, 숯, 인분, 가축물 분뇨 등을 이용하여 액체 상태의 에탄올, 메탄올과 메탄가스 등과 같은 다양한 바이오매스를 생산

○ 북한의 협동농장에서는 1970년 후반 이후 메탄가스를 에너지원으로 사용해 왔는데, 2005년 기준 500~1,000m^3 규모의 메탄가스 발전소는 약 40개로 추정[76)]

○ 김정일 위원장은 2002년 남산협동농장 현지 지도 시, 농촌살림집의 메탄가스화를 전 군중적 운동으로 전개할 것을 지시

○ 이후, 국가과학원 산하 자연에네르기이용센터 내 메탄가스실에서 메탄가스화, 메탄가스를 활용한 전기 생산을 연구

- 2002년 자연에네르기개발이용센터에서 메탄가스 생산설계와 운용지도서를 완성[77)]

○ 북한의 바이오매스 공급량은 조사 방법과 범위에 따라 차이가 크게 존재하며, 국제에너지기구(International Energy Agengy; IEA)에 의하면, 1971년 3만 8,523TJ, 2008년 4만 6,631TJ[78)]

○ 미국의 노틸러스 연구소가 발표한 자료에 의하면, 1990년 37만 6,250TJ, 1996년 36만 6,811TJ, 2000년 35만 8,572TJ로 그 양이 다

---

76) http://nkproject.org/newsroom/read.php?vi_left=news&news_id=newsline&idx=5&list_num=3293&page=330&mode=&s_opt=&s_con=(2017.2.2. 접속).
77) 중앙방송, 2002.9.22.
78) 김인선 외(2011), p.234.

소 감소하였지만, 1990년부터 2005년까지 바이오매스 에너지가 차지하는 비중은 9%에서 25%로 상승

- 북한의 바이오매스 에너지 사용량이 증가한 것은 1990년대부터 추진한 메탄가스화 사업이 일부분 농업 생산 및 가정에 보급되면서 통계에 반영되었기 때문인 것으로 추정

□ 농촌 지역에서는 인분, 가축 분료 등을 연료로 이용하는 메탄가스 재활용이 다양하게 이루어지고 있으며 주택난방, 수송용 연료, 농사용 거름과 가축사료로 이용[79)]

○ 가정 난방용 메탄가스 발생로를 만들기 위해서는 높이 2m, 너비 2m 되는 원료탱크를 만든 후 탱크 윗부분이 50cm 정도 나오게 땅속에 묻고, 그 안에 일정한 양의 돼지우리에서 나오는 진거름과 풀거름 등을 투입하며,

- 발생로에 원료를 넣은 지 6개월이 지나면 가스 생산이 가능하고, 이후부터는 이미 넣은 원료의 1/3을 교체 투입[80)]하는 것만으로도 메탄가스 생산이 가능

- 자연에네르기개발이용센터에 의하면, $6m^3$ 부피의 발효탱크를 설치해두면 하루에 여름에는 $1m^3$, 겨울에는 $0.8m^3$ 정도의 메탄가스의 생산이 가능하며, $1m^3$만으로도 식구 5명 기준으로 하루 세끼의 식사 및 난방에도 이용이 가능[81)]

---

79) 북한의 메탄가스화 사업 추진 현황, http://www.nktech.net/inform/nkt_briefing/nkt_briefing_v.jsp(2017.2.1. 접속).
80) 중앙방송, 2002.10.
81) 노동신문, 2003.1.6., 노동신문, 2004.8.27.

○ 수송용 연료로 사용 시에는 북한에서 개발했다고 하는 시루식 고상발효법을 이용해 수확기 때 나오는 북데기, 밀짚, 보릿짚 등에 가축 배설물을 섞은 것을 발효탱크에 넣고 3~4일간 발효시켜 메탄가스를 생산하여 자동차, 트랙터, 이앙기 등에 사용

- 일반적으로 메탄가스 1m³는 휘발유 0.7㎏에 해당하는 열량을 내며 일반 농장에서 메탄가스를 활용할 경우 연간 약 100t(약 14만 3,100*l*)의 휘발유 절약이 가능

- 북한 각지의 공장·기업소에서 종업원들의 출퇴근 버스와 화물자동차 운행에 대용연료차를 가장 많이 이용하고 있으며 각지의 협동농장과 목장에서는 메탄가스를 연료로 사용할 수 있도록 사료·농기구 운반차량 일부를 개조하기도 했다고 보도

○ 농사용 거름, 가축사료로도 사용이 가능한데 메탄가스 생산 과정에서 나온 발효액을 활용하면 기존의 거름에 비해 비료성분 함량이 더 높으며, 발효찌꺼기에는 여러 가지 필수 아미노산이 들어 있어 가축사료로 이용 시 보다 효과적[82)]

□ 북한 당국은 에너지난으로 메탄가스 이용을 적극 장려하고 있으며, 2000년 이후 메탄가스화의 현황이 지속적으로 보도

○ 2000년 열공학연구소에서 볏겨가스를 이용한 전기 생산 방법을 개발, 도입

○ 2002년 신천군 새날농장, 재령군 김제원리, 안악군 엄곳리에 볏겨

82) 노동신문, 2003.1.6.

가스 발전소가 건설되어 수백 세대의 조명과 문화회관, 소형 정미 설비 등의 운영에 활용하고 있다고 선전하였으며, 메탄가스를 자동차 운행 및 난방용 연료로 이용[83)]

○ 2003년 북한은 특정 지역에 시범적으로 메탄가스화 마을을 조성

- 평양방송은 평양시 력포구역 류현협동농장이 메탄가스를 활용해 난방연료로 사용하고 있으며, 룡산협동농장에서는 700여 세대의 모든 살림집에서 메탄가스화를 실현했다고 보도

- 남산협동농장 내 480여 가구, 중방협동농장 180여 가구, 기룡·신풍협동농장 100여 가구 등 1,200여 가구에 메탄가스 생산설비를 설치했으며, 이 외에도 평안남도 숙천군 장흥리, 함경남도 홍원군에 메탄가스화 사업을 추진[84)]

○ 2005년 평양시, 남포시, 강원도 등지에서 메탄가스를 연료로 자동차를 운행한다고 보도[85)]

- 평양 제2먼거리자동차수송대 1998년 60m^3 규모의 메탄가스 생산기지를 건설하고, 사용을 확대

- 평양시 력포목장에서도 자동차 연료를 메탄가스로 교체

- 강원도 고성자동차사업소는 메탄가스를 연료로 자동차를 운행하고 있는 대표적인 사례로 소개

○ 농촌 각지에 메탄가스를 이용한 조명등 광명 2002-가를 보급하였

83) 연합뉴스, 2002.9.8.
84) 북한의 메탄가스화 사업 추진 현황, http://www.nktech.net/inform/nkt_briefing/nkt_briefing_v.jsp(2017.2.1. 접속).
85) 한국에너지기술연구원(2014), p.26.

으며[86], 평안북도 선천군에서는 가정용수압식메탄가스탱크를 만들어 농촌살림집들에 설치[87]

- 국가과학원 열공학연구소에서 개발된 광명 2002-가는 메탄가스 1m³로 하루 7~8시간 동안 2개의 조명등 점등이 가능

○ 2008년에는 황해남도 재령군 래림협동농장 내 방, 거실, 세면장, 축사에 메탄가스가 공급되는 살림집 60여채를 건설[88]

○ 연료로 사용하는 것 이외에도 조선의 오늘에 의하면, 북한은 2016년 전기를 사용하지 않는 확산흡수식 냉동기를 개발해 메탄가스를 활용[89]

- 확산흡수식 냉동기는 암모니아의 수용액을 냉매로 하고 이것을 메탄가스 연소열로 증발시켜 수소 속에서 확산시킬 때 주위의 열이 암모니아가스에 흡수돼 온도가 떨어지는 원리를 기초로 제작

- 관계자에 의하면, 냉동기 체적이 12*l* 일 때 하루 0.32m³의 메탄가스를 소비하면서 급동실 온도를 평균 -6℃, 최고 -10℃까지 내릴 수 있으며, 20~50*l* 크기의 확산흡수식냉동기 제작이 가능

- 확산흡수식 냉동기는 전기를 쓰는 전통적인 압축식 냉동기에 비해 제작원가가 30%에 불과

86) 중앙통신, 2005.3.8.
87) 중앙통신, 2005.3.8.
88) 중앙통신, 2008.11.13.
89) 노컷뉴스, http://www.nocutnews.co.kr/news/4576647(2016.1.31. 접속).

(4) 지열

1) 기업실적

□ 지열 에너지는 지각 아래층에 건조한 증기, 습한 증기, 뜨거운 물의 형태로 존재하며, 북한의 거의 모든 전역에 분포[90)]

○ 북한에 온천수는 약 30개 정도 분포하고 있으며, 열량은 1일 227만 kcal

- 발열량이 5,000kcal/kg인 석탄으로 환산하면 하루 454t, 연간 16만 5,000t에 달하는 수치

○ 평균보다 온도가 높은 지역은 길주명천 분지, 두만강 분지, 안주 분지 등에 분포하며, 인공지열 저류층 생성기술을 적용하면 공공건물과 주택의 난방용 온수 공급이 가능할 것으로 예상

○ 2014년 완공된 연풍과학자휴양소와 2016년경 완공된 평양 쑥섬 과학기술전당에는 지열을 이용한 냉난방체계를 도입했다고 보도

○ 룡성기계련합기업소는 자체 기술로 지열설비전문생산기지를 신축[91)]

- 지열설비전문생산기지는 연건평이 1,400여m^2로 총조립장, 시운전장, 종합조종실, 출하장 등으로 구성되어 있으며, 10t 천정기중기, 냉각기, 통풍기, 건조로, 10t운반대차, 조립대를 비롯한 설비,

---

90) http://www.fnfkorea.org/bbs/board.php?bo_table=notices_ko&wr_id=64&page=9 (2017.2.2. 접속), 한국에너지기술연구원(2014), p.10.

91) 노동신문, 2016.5.12.

장치물들이 위치

- 건설은 선군주철공장, 3·4 기계직장, 1·2 제관직장, 대형공작기계 직장에서 담당하였으며, 공장, 기업소, 기관들, 공공건물과 살림집들의 냉난방에 필요한 지열설비들의 생산이 가능
- 또한 전국의 여러 기업소에서 지열 설비 제작을 개시할 것이며, 우리나라 어디에나 있는 지열수 자원이라는 표현을 사용
- 지열발전소의 경우, 일반적으로 100도 이상의 지열수가 필요해 입지 선정이 중요하나, 북한 당국의 선전에 의하면 그보다 낮은 온도의 지열수를 이용할 수 있는 기술 개발에 성공했을 수도 있을 것으로 추정

○ 정방산종합식료공장은 얕은층 지열을 이용한 냉난방체계를 보유[92] 하고 있는 것으로 확인

- 열공기공급에 의한 냉난방 시스템으로 1,200m^{2}의 크기의 공간을 겨울에는 18℃, 여름에는 23℃의 온도로 유지하는 것이 가능
- 시간당 냉방 시에는 12.5kW, 난방 시에는 15kW의 전기가 소모되지만, 실제로 생산되는 열 생산량은 65kW, 냉방 생산량은 60kW
- 2016년도에는 지열에 의한 냉난방조종을 통합생산체계에 결합시키기 위한 사업을 추진

92) 노동신문, 2016.10.23.

3. 의미 및 한계

□ 여전히 매우 취약한 중앙집중적 전력 생산 및 공급체계에서 소외되고 있는 북한 주민 및 소규모 생산단위 등으로서는 재생에너지의 개발 및 보급이 전력 등 에너지에 대한 접근 가능성을 확대했다는 점에서 긍정적인 측면

○ 김정일 시기부터 재생에너지 개발 및 보급을 위한 시도는 지속되었지만 태양광 발전 등이 본격적으로 보급된 것은 비교적 최근의 일

○ 북한 주민들은 북한 정부의 전력 공급에서 후순위에 있어 평양 일부 지역을 제외하고는 전력난에 시달리고 있는 상황이라 태양에너지를 이용한 전력 활용에 적극적

- 북한 주민 입장에서는 태양광 패널 설치를 위한 비용을 지불할 수 있다면 북한의 전반적인 에너지 사정과 관련 없이 전기를 사용할 수 있는 가능성이 열렸다는 점에서 의미

- 데이비드 폰 힙펠 노틸러스 연구소 연구원은 북한의 총전력생산량 중 태양광이 차지하는 비중은 0.1% 수준에 불과하지만 일반 주민의 삶의 질 향상에 큰 영향을 미치고 있으며, 기업소를 가동시키기에는 부족하지만 일반 가정 내에서 사용하기 위한 용도로는 충분한 수준이라고 언급

○ 북한 정부의 재생에너지 계획에서도 지열은 난방, 태양에너지는 가정용, 메탄가스는 연료적으로의 이용 측면을 강조하는 등 재생에너지는 북한 주민의 삶과 밀접하게 연결

- 김정은 정권은 재생에너지 개발을 에너지 정책의 주요 요소로서 강조하고 있으며, 각 경제단위에서 재생에너지의 개발 및 활용을 적극 주문

○ 외화가 부족한 상황에서 거의 전량 중국 등에서 수입해야 하는 데에도 태양광 패널의 보급이 크게 증가한 것은 태양광 등 재생에너지를 수력 및 화력 발전에 대한 대안적 에너지원으로 활용하겠다는 북한 중앙정부의 의지가 반영된 결과

○ 지열이나 태양열을 이용한 온실재배, 태양광을 이용한 양어장 등 소규모 생산시설의 전력 확보, 풍력발전을 이용한 산업설비의 비핵심 전력 보완 등 재생에너지는 가정용 에너지원으로서뿐만 아니라 생산측면에서도 활용

- 최근에는 가정집 외에 공장과 기업소에서도 태양광전지판을 구입하고 있는 추세

□ 재생에너지 활용은 점차 늘어나고 있으나 아직 북한 전체 전력에서 차지하는 비중은 미미한 수준

○ 태양광 발전기를 설치한 주택이 10만 가구에 달한다는 추정이 있기는 하지만 북한 전체의 전력 생산량에 비하면 태양광 발전을 통하여 생산된 전력의 비중은 여전히 매우 미미한 수준

- 태양광 발전을 통하여 생산된 전력이 북한 전체 전력에서 차지하는 비중은 약 0.1% 미만에 불과한 것으로 추정

- 풍력발전소 계획이 시도되고 있지만 이 역시 아직 국가적인 전력

공급원으로서의 의미는 거의 없는 수준

□ 재생에너지원 중 바이오매스와 지열의 기술 자립화 정도가 가장 높고, 실질적으로 활발히 이용되고 있는 것으로 분석

○ 바이오매스를 이용한 메탄가스는 재료 수급의 용이성으로 인해 특히 농촌지역에 광범위하게 보급

○ 지열의 경우, 북한은 기술을 요하는 지열발전소 건설뿐 아니라 지열수를 끌어올려 냉난방에 이용하는 방식을 이용해 보다 쉽게 지열 에너지를 이용

○ 풍력발전의 경우, 북한의 열악한 송배전망 상황과 1지역 1발전소 정책을 고려할 때, 계통연계형보다는 독립형 풍력에 주력할 것으로 분석되며,

○ 태양광에너지는 에너지 밀도가 낮고 생산 원가가 비싸 대규모 발전에 이용되기보다는 전력난에 대한 주민들의 불만에 대한 대응책으로 이용할 가능성

□ 실질적인 성과가 아직 그리 크지는 않지만 북한은 재생에너지 기술 자립화 사례를 소개하며, 재생에너지 기술을 선전

○ 자연에네르기 연구소 리명선 소장에 의하면, 2014년 기준 북한에서 이용되는 풍력발전기 가운데 300W급이 71.4%, 그 이상급이 28.6%로 대부분 북한 국내에서 생산하고 있다고 주장[93)]

93) 노컷뉴스, "북, 전력난 해결위해 대체에너지 개발 박차", http://www.nocutnews.co.kr/news/4340173(2017.3.31. 접속).

- 이 외에도 북한은 광명LED·태양전지공장을 건설해, 태양에너지 제품을 자체 생산하고 있다고 보도

○ 하지만, 실제로는 기술 자립화 정도가 낮아 풍력발전설비, 태양광 발전설비, 지열설비 등은 거의 수입에 의존[94)]

- 태양광패널의 경우 아직까지는 핵심부품을 수입해 와 절단하고, 조립해 생산하는 수준인 것으로 파악

- 자체 제작 설비의 경우, 수입산은 잘 돌아가지만 자체 생산한 설비는 효율이 떨어지고, 고장이 많아 가동할 수가 없어 대부분 중단 상태인 것으로 파악

- 현지지도 시에 보여주기식으로 전기를 연결해 설비를 운용하고, 태양광도 대부분을 중국에서 설비를 수입해 단가가 비싼 편인 것으로 추정

□ 그럼에도 재생에너지 개발 및 보급은 김정은 정권의 과학기술 중시 정책의 주요 요소이자, 선전 수단으로 꾸준히 추진될 것으로 예상

○ 지속되는 전력난에도 불구하고, 북한 당국의 에너지 공급 능력이 단시간 내에 늘어나기에는 어려움이 존재

○ 재생에너지의 경우, 지역 단위, 기업소 단위, 주민 단위로 자체적으로 전력 생산이 가능하고, 송배전망 인프라 이용 없이도 전력 사용이 가능해 북한의 전력난 해결에 도움

○ 재생에너지를 통한 전력난 타개는 김정은 정권의 업적이 될 수 있

94) DailyNK, 2015.4.16.

으므로, 향후에도 계속해서 재생에너지 이용을 강조할 것으로 예측

○ 국가가 보장해 주어야 할 에너지 문제를 주민들이 자급자족으로 해결해 나가는 추세가 늘어날수록 국가에 대한 의존도가 하락할 것이나, 북한 당국으로서는 재생에너지는 전력난 타개를 위해 필수 불가결한 선택

○ 또한 과학기술 중시정책은 지식경제강국으로 표현되는 김정은 경제개발 전략의 주요 구성요소

○ 김정은 정권의 과학기술 중시정책은 북한 경제전반, 특히 기계공업 부문의 부분적인 회복과 미래과학자거리 건설 등 과학기술자에 대한 실질적인 우대, 그리고 시장화를 통한 기술개발 투자의 회수 가능성 제고 등에 따라 어느 정도 성과를 거두고 있는 것으로 평가

- 북한이 태양광 발전 설비를 전량 완제품으로 수입하다가 최근에는 부품을 수입, 북한 내에서 최종 가공하고 시장에 공급하는 경향이 부분적으로 나타나고 있는 것도 시장화 흐름 속에서의 과학기술 중시정책과 연관

○ 최근 북한의 재생에너지 개발 및 보급이 주목을 받는 것도 과학기술 중시정책의 성과로서 재생에너지 개발 성과가 집중적으로 보도되고 있음에 기인

○ 경제개발 전략으로서의 과학기술 중시정책은 향후에도 지속될 것으로 전망되기 때문에 그 주요 구성요소인 재생에너지 개발 및 보급 정책도 단기적인 경향으로 그치지는 않을 것으로 전망

제4장
요약 및 시사점

1. 요약 : 북한 재생에너지 개발실태

□ 북한 정권은 에너지난 해소를 경제 회생에 가장 중요한 선결과제로 간주

○ 1990년대 초부터 시작된 북한의 에너지난은 점차 심화되고 있어 2015년 북한의 1차 에너지 공급량은 1990년 공급 규모의 36%에 불과(연평균 4%씩 감소)

○ 또한 북한의 제조업은 에너지 집약 산업인 중공업 부문의 비중이 높아 에너지난 해소는 북한 경제 회생의 선결 과제

○ 에너지 수급이 부족한 상황에서 전력공급이 주요 기관 및 기업소 중심으로 이루어져 일반 주민들의 에너지난도 심화되고 있는 것으로 추정

○ 에네르기관리법을 통해 알 수 있는 북한 에너지 정책의 기본 원칙은

‘자력갱생’, ‘전력 생산의 정상화’, ‘소비 관리’

○ 전력 공급을 위해 북한 정권이 가장 최우선으로 추진한 정책은 수력발전소의 신규 건설 및 석탄 생산량의 제고로 공급 위주였으나, 2000년대 중반부터 전력 수요 통제를 통한 수요 억제 정책을 실시

□ 북한에서 자연에네르기로 표현하는 재생에너지의 경우, 자력갱생 정책과 열악한 송배전망 사정이 맞물려 재생에너지 개발에 적극적

○ 올해 신년사에서도 김정은 위원장은 전력 문제를 국가경제발전의 선결조건으로 제시하며, 재생에너지 이용을 적극 권장

○ 북한의 전력문제 해결은 신년사마다 매번 강조되었으나, 올해는 특히 발전소의 정비 및 가동률 제고와 재생에너지 이용을 강조

○ 김정은 체제 출범 이후 연구와 시범 사업에서 벗어나 전면적으로 활용, 도입하는 방향으로 정책이 선회

○ 북한 정권은 기존의 전력 생산 구조로 전력 문제를 해결할 수 없기 때문에 자연에네르기를 이용하면 전력 사정이 좋아질 수 있다는 대내외적인 선전 목적으로 재생에너지 이용을 강조하고 있는 측면도 존재

□ 북한의 재생에너지 개발은 1993년 자연에네르기개발이용센터(NCEDC)를 설립하면서 시작되었으며, 현재는 자연에네르기연구소가 중심

○ 1993년 북한은 재생에너지 개발을 장기 국가행동계획의 주요 전략으로 선정하고, 국가과학원의 부속 조직으로 자연에네르기개발

이용센터를 설립

○ 1998년 에네르기관리법을 제정하여 가정 및 공공부문에서의 재생에너지 이용 사업을 본격적으로 추진

○ 2001년에는 재생에너지개발 국가 5개년계획을 수립

○ 2013년에는 6장 46조로 구성된 재생에네르기법을 제정해 재생에너지의 개발과 이용을 법적으로 규정

○ 2014년 10월 13일, 자연에네르기개발이용센터를 확장하여 위성과학자주택거리 맞은편에 자연에네르기연구소를 신설하였으며, 자연에네르기 중장기 개발계획을 수립해 2044년까지 재생에네르기 발전설비용량을 500만kW로 확대하겠다는 계획

○ 이와 더불어 북한 정부는 재생에너지 개발을 촉진하기 위해 외국자본 유치도 장려

□ 북한은 풍력 개발을 국가 전략으로 선정하고 다양한 계획들을 발표하고 있으나, 아직 산업화 단계에도 이르지 못한 것으로 평가

○ 북한 정부는 1978년부터 전국의 풍력 자원에 대한 조사를 시작했으며, 북한 측 조사자료에 의하면 북한의 풍력발전 잠재량은 400만kW로 추정

○ 북한은 1990년대 중반부터 수력에 이어 풍력을 새로운 에너지원으로 개발

○ 1998년 김정일 노동당 총비서는 전력난 타개책의 일환으로 각 군 단위에 소규모 풍력발전소를 건설하라고 지시

○ 북한 정부는 2020년까지 50만kW의 풍력발전설비를 설치한다는 구상하에, 2006년부터 총 3단계에 걸친 풍력발전단지를 조성한다는 계획을 발표하였으며, 수년 내 5kW급 풍력터빈 제조공장을 건설하여 농촌 및 도서지역 가정에 공급한다는 구상

○ 2013년에는 풍력 발전 비중을 10% 이상 확대한다는 계획을 발표[95] 하였으며, 풍력 이용 활성화를 위해 매년 1만대 이상의 소형 풍력 발전기를 생산할 계획이라고 보도[96]

○ 북한은 풍력발전 기술 연구는 기초 연구는 상당히 진척되었으나, 산업화 단계에는 이르지 못한 것으로 평가되며, 북한 보도에 의하면 100kW 풍력발전기 개발에 성공

□ 북한의 태양 에너지 보급은 태양열 분야가 중심이 되고 있으며, 태양광 분야는 기술개발에 집중하고 있고, 집광 부문은 일부가 실용화, 일부공장들에서 태양광전지판 등을 생산하고 있다고 보도

○ 조선중앙통신에 의하면, 북한은 김일성종합대학의 연구를 바탕으로 진흥태양광전지공장에서 태양광 패널을 자체적으로 생산하고 있다고 주장

○ 2015년 국가과학원 자연에네르기연구소 내에 태양광전지판 생산공정이 건설되었으며, 2016년에는 광명LED·태양전지공장 조업이 시작되어 본격적으로 제품 생산을 시작

○ 태양광 제품 생산이 늘어남에 따라 관련 제품 수입도 증가 추세이

95) 조선중앙통신, 2013.11.18.
96) 조선중앙통신, 2013.11.18.

며, 중국산이 대부분이나 일부 수입제품도 존재

○ KOTRA에 의하면, 2015년까지 북한은 약 15MW 규모의 태양광 시스템을 수입한 것으로 집계되었으며, 그중 약 1/3이 2014년에 수입

□ 북한 내 약 10만 가구에서 태양광 패널을 사용하는 것으로 추정

○ 서방의 일부 북한 전문가들은 2014년 말 기준, 약 10만 가구 태양광 전지판을 사용하고 있는 것으로 추정

○ LA타임스에 의하면, 평양 경흥동에 위치한 전자제품 매장 보통강 정보기술교류사에서 일반인을 대상으로 태양광 패널과 전지를 판매 중

○ 일전에는 가정들이 주로 구매처였으나, 이제는 공장과 기업소에서도 전지판을 구입하는 추세

○ 로이터 통신이 2016년 4월 보도한 바에 의하면, 평양 가정집 창문에서 목격되는 태양광 패널이 전년보다 3배가량 제고

○ 태양열 온실은 과거 외부에서 지원을 받아 운영되었으나, 2011년경부터 제한적이지만 자체적으로 확산을 도모하고 있는 것으로 관측

□ 북한 당국은 에너지난으로 메탄가스 이용을 적극 장려하고 있으며, 2000년 이후 메탄가스화의 현황이 지속적으로 보도

○ 북한은 산악지형이 많고 농업 비중이 높아, 나무, 숯, 인분, 가축물 분뇨 등을 이용하여 액체 상태의 에탄올, 메탄올과 메탄가스 등과 같은 다양한 바이오매스를 생산

○ 북한의 협동농장에서는 1970년 후반 이후 메탄가스를 에너지원으로 사용해 왔는데, 2005년 기준 500~1,000m^3 규모의 메탄가스 발전소는 약 40개로 추정

○ 김정일 위원장은 2002년 남산협동농장 현지 지도 시, 농촌살림집의 메탄가스화를 전 군중적 운동으로 전개할 것을 지시

○ 이후, 국가과학원 산하 자연에네르기이용센터 내 메탄가스실에서 메탄가스화, 메탄가스를 활용한 전기 생산을 연구

○ 농촌 지역에서는 인분, 가축 분료 등을 연료로 이용하는 메탄가스 재활용이 다양하게 이루어지고 있으며 주택난방, 수송용 연료, 농사용 거름과 가축사료로 이용

□ 지열 에너지는 지각 아래층에 건조한 증기, 습한 증기, 뜨거운 물의 형태로 존재하며, 북한의 거의 모든 전역에 분포

○ 북한에 온천수는 약 30개 정도 분포하고 있으며, 열량은 1일 227만kcal

○ 평균보다 온도가 높은 지역은 길주명천 분지, 두만강 분지, 안주 분지 등에 분포하며, 인공지열 저류층 생성기술을 적용하면 공공건물과 주택의 난방용 온수 공급이 가능할 것으로 예상

○ 룡성기계련합기업소는 자체 기술로 지열설비전문생산기지를 신축하여 운영 중

□ 김정은 정권이 재생에너지의 이용을 적극 강조하고 있고, 제한적

으로 활용도가 높아지고 있지만 생산역량이나 기술적 문제 등으로 단기적으로 큰 발전을 기대하기는 어려운 상황

○ 재생에너지 중에서는 바이오매스와 지열의 기술 자립화 정도가 가장 높고, 실질적으로 활발히 이용되고 있는 것으로 분석

○ 풍력은 자체 제작 능력 확충을 도모하고 있지만 아직 설계나 설비 제조 능력이 초보적이며, 태양광 패널은 전적으로 수입에 의존하는 수준

□ 실질적인 성과는 크지 않지만 향후에도 재생에너지의 개발 및 활용은 지속적으로 강조될 것으로 전망되는데 재생에너지 개발이 북한 과학기술 중시정책의 핵심 요소이기 때문

○ 김정은 정권은 지식경제강국을 강조하면서 경제발전에 있어 과학기술의 역할을 강조

○ 풍력발전기 개발, 태양광 활용 등 재생에너지 개발 및 활용 확대 정책은 에너지 정책인 동시에 과학기술 중시정책의 측면을 보유

○ 과학기술 부문의 성과에 관한 보도에서 새로운 풍력 발전기의 개발에 관한 보도의 비중이 상당히 높으며, 태양광 버스나 태양광 유람선 등도 북한 과학기술 발전의 사례로 반복적으로 보도

○ 재생에너지 분야에서의 북한 과학기술 수준이 높지 않고, 제조기술 역시 매우 초보적이지만 북한경제에서 핵심적인 과제인 에너지 부문에서 새로운 시도이고, 상대적으로 주민 생활과 밀접해 주목도가 높다는 점 등 때문에 과학기술 중시 정책의 주요 성과로서 선

전되고 있는 것

○ 과학기술 중시정책은 김정은 경제정책의 핵심요소의 하나로 향후에도 지속될 가능성이 높기 때문에 주요 정책 중 하나인 재생에너지 개발도 중요 정책기조로서 지속될 가능성

□ 재생에너지 이용 확대는 에너지 공급자인 북한 정부와 에너지 수요자인 기업, 가계 등의 이해관계가 일치하면서 발생

○ 중앙 정부는 대규모 전력 공급원인 수력발전소의 건설이나 화력발전소의 개보수 및 석탄 공급 확대 등을 통하여 전력 생산량을 증가시키려는 노력을 지속하고 있지만, 여기에는 막대한 자금이 필요하고, 성과가 나타나기까지는 긴 시간이 소요

○ 중앙 정부가 군수부문이나 제철 등 전략부문에 우선적으로 부족한 에너지 자원을 배분하고 있는 상황에서 상대적으로 우선순위가 낮은 기업이나 기관, 가계에서 재생에너지를 더 많이 사용할 것을 요구하고 있는 상황

- 이에 따라 북한 중앙정부는 기업이나 기관 등이 자체 자금으로 태양광 등 재생에너지 활용도를 높일 것을 요구

○ 에너지 사용자 입장에서는 재생에너지가 전력에 비해서 비용이 훨씬 많이 들지만 에너지에 대한 접근성이 훨씬 좋기 때문에 재생에너지를 더 많이 사용

- 특히 정부에 의한 전력 공급의 우선순위가 낮고, 비용과 상관없이 사용 가능한 전력의 양이 매우 적은 가계의 입장에서는 정부의 재

생에너지 개발 정책에 따라 수입 태양광 패널을 통하여 전기 에너지 사용을 늘릴 수 있게 된 상황

○ 북한이 당분간 자력으로 수력발전소 및 화력발전소 등 대규모 에너지 공급원을 통한 에너지 공급을 크게 증가시킬 가능성이 거의 없기 때문에 에너지 공급 및 수요자 양측에서 재생에너지 개발 및 활용의 유인은 지속될 것

2. 재생에너지 분야 남북한 협력에 대한 시사점

(1) 한국 재생에너지 발전 현황[97)]

□ 재생에너지는 산업유발효과가 크고, 성장 가능성이 높은 유망 산업 분야이나, 우리나라의 전체 에너지원에서 차지하는 비중은 미미

○ 전 세계 재생에너지 시장은 지난 5년간 28.2% 성장하여 2020년에는 지금의 자동차산업 규모에 육박하는 1조 달러로 성장할 것으로 전망

○ 우리나라는 2035년까지 1차 에너지의 11%, 전력 생산량 중 13.4%를 재생에너지로 충당할 계획

- 전체 1차 에너지 중 재생에너지가 차지하는 비중을 2014년 3.6%, 2020년 5.0%, 2025년 7.7%, 2030년 9.7%, 2035년 11% 달성하는 것이 목표

- 2015년까지는 총 40조원을 투자해 태양광·풍력분야 세계시장 점

97) 우리나라는 11개 에너지를 신·재생에너지로 구분해서 사용하고 있으나, 본 보고서는 재생에너지로 연구 범위를 한정하고 있으므로 재생에너지로 통일하여 사용.

유율 15% 달성, 수출 362억 달러, 고용 11만명 창출, 세계 5대 재생에너지 강국을 목표로 하는 재생에너지산업 발전전략을 추진

○ 우리나라 에너지 생산량 중 재생에너지가 차지하는 비중은 약 4.62%로 이 중 폐기물 소각이 63.5%를 차지할 정도로 비중이 높은 상황

- 재생에너지 중 태양광, 풍력이 차지하는 비중은 각각 6.39%, 2.13%에 불과하며, 바이오연료도 팜유, 대두유는 모두 수입하다가 폐식용유를 활용하기 시작

- 우리나라의 경우 폐기물 소각을 포함한 11개 에너지를 신·재생에너지로 구분하고 있으나[98], OECD·IEA는 재생에너지 폐기물을 제외하고 통계치를 산정해 폐기물 제외 시, 재생에너지가 에너지 생

〈표 4-1〉 우리나라의 원별 에너지 생산량

		2005	2011	2012	2013	2014	2015
총1차에너지(천toe)		228,622	276,636	278,698	280,290	282,938	287,479
재생에너지 비중(%)		2.13	2.74	3.18	3.52	4.08	4.62
재생에너지 합계(toe)		4,879,211	7,582,845	8,850,739	9,879,207	11,537,366	13,292,990
재생에너지	태양열	34,729	27,435	26,259	27,812	28,485	28,469
	태양광	3,600	197,198	237,543	344,451	547,430	849,379
	풍력	32,472	185,520	192,674	242,354	241,847	283,455
	수력	918,504	965,373	814,933	892,232	581,186	453,786
	해양	0	11,246	98,310	102,077	103,848	104,731
	지열	2,558	47,833	65,277	86,959	108,472	135,046
	수열	0	0	0	0	0	4,79
	바이오	181,275	963,363	1,334,724	1,558,492	2,821,996	2,765,657
	폐기물	3,705,547	5,121,534	5,998,509	6,502,414	6,904,733	8,436,217

자료 : 신재생에너지센터, 「2015년 신재생에너지 보급통계(2016년판)」.

98) 〈표 4-1〉 재생에너지 부문의 9개 에너지원과 더불어 신에너지로 구분하는 연료전지와 IGCC.

〈표 4-2〉 우리나라의 원별 전력 생산량

		2005	2011	2012	2013	2014	2015
총발전량(억MWh)		3.65	5.02	5.32	5.43	5.46	5.61
재생에너지 비중(%)		1.08	3.46	3.66	3.95	4.92	6.60
재생에너지총발전량 (MWh)		3,950,000	17,345,647	19,498,064	21,437,822	26,882,190	37,078,863
재생 에너지	태양광	14,399	917,198	1,103,227	1,605,182	2,556,300	3,979,159
	풍력	129,888	862,884	912,760	1,148,179	1,145,557	1,342,439
	수력	3,674,015	4,490,107	3,862,087	4,228,112	2,753,924	2,150,013
	해양	0	52,307	465,924	483,777	492,172	496,354
	바이오	129,595	524,623	1,027,251	1,839,568	4,656,237	5,546,583
	폐기물	0	10,203,907	11,737,151	11,554,426	14,334,944	22,468,966

자료 : 신재생에너지센터, 「2015년 신재생에너지 보급통계(2016년판)」.

산에서 차지하는 비중은 1.68%에 불과

○ 전력 발전량 중 재생에너지가 차지하는 비중은 6.6%에 달하나 발전량 역시 폐기물을 제외하면 비중이 2.6%

□ 우리나라 재생에너지 산업은 중간수요적 제조업형 산업으로 태양광 및 풍력이 중심

○ 우리나라의 재생에너지 산업은 1원의 생산량 증가 시 2.0262원의 생산유발 효과, 0.6138원의 부가가치 효과, 산출액 10억원당 2.3046명의 고용유발효과를 창출하며, 전·후방 연쇄효과가 모두 높은 중간수요적 제조업형 산업[99]

○ 우리나라는 재생에너지 산업 중에서도 산업유발효과가 큰 태양광,

99) 권승문·김하나·전의찬(2016), pp.59~68.

풍력 산업 중심으로 성장[100)]

- 태양광 및 풍력 산업의 비중은 재생에너지 전체 투자액의 74%, 매출액의 80%, 수출액의 97%를 차지(2015년 기준)하며, 그중에서도 태양광산업이 고용인원, 매출액, 투자액에서 가장 높은 비중을 차지

○ 태양광 및 풍력 산업은 기술 수준 대비 산업화가 이루어지지 못하고 있으며, 내수시장이 작아 가격 경쟁력에서 뒤지는 상황

- 재생에너지 분야 기술 수준은 86% 수준으로 평가되며, 선진국과는 10% 내외 중국과는 5% 이내 기술격차가 있는 것으로 분석[101)]

〈표 4-3〉 우리나라 재생에너지산업 현황

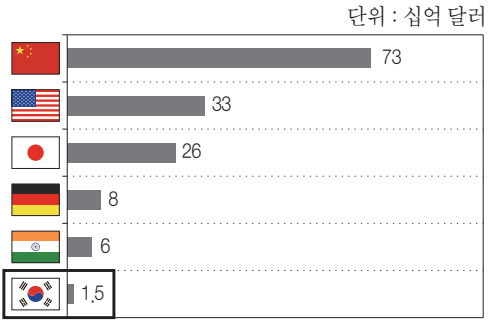
단위 : 개, 명, 억원, %

	기업체 수		고용인원		매출액		내수		수출액		해외공장		투자액	
		비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중
태양광	127	26	8,698	54	75,637	67	22,975	46	33,892	83	18,770	83	5,324	67
태양열	21	4	228	1	290	0	290	1	-	-	-	-	1	0
풍력	37	8	2,369	15	14,571	13	5,123	10	5,639	14	3,809	17	583	7
연료전지	15	3	802	5	2,837	3	2,143	4	693	2	-	-	47	1
지열	26	5	541	3	1,430	1	1,430	3	-	-	-	-	251	3
수열	3	1	46	0	29	0	29	0	-	-	-	-	-	-
수력	4	1	83	1	129	0	116	0	13	0	-	-	-	-
바이오	128	26	1,511	9	12,390	11	11,884	24	506	1	-	-	221	3
폐기물	132	27	1,899	12	5,763	5	5,763	12	0	0	-	-	1,539	19
합계	473	100	16,177	100	113,077	100	49,754	100	40,743	100	22,579	100	7,965	100

자료 : 산업통상자원부·한국에너지공단(2016), p.11.

100) 산업통상자원부(2014), p.3.
101) 산업통상자원부·한국에너지공단(2016), p.196.

〈그림 4-1〉 재생에너지 내수 시장 규모



자료 : 수출입은행.[103)]

□ 태양광 부문은 우리나라 재생에너지 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 분야로 경쟁력 자체는 높은 편이나, 규모의 경제를 확보하지 못해 가격 경쟁력이 낮은 것으로 평가

○ 2015년 기준, 우리나라 태양광 제조분야 종사 기업 수는 127개, 총 매출액 7조 5,000억원, 수출액 3조 3,000억원, 고용인원 8,600여명 규모로 재생에너지 산업 중 가장 큰 규모

- 태양광 산업 중에서도 모듈이 전체 매출액 중 54.4%(4조 1,000억원)로 규모가 가장 크며, 폴리실리콘이 17.6%(1조 3,000억원)를 차지하나,

- 전 세계에서 차지하는 시장점유율이 가장 높은 부문은 폴리실리콘

- 우리나라 태양광 산업은 내수 매출액(2조 2,000억원)보다 수출액이 3조 3,000억원으로 더 높은 상황

102) https://www.koreaexim.go.kr/site/program/board/basicboard/view?menuid=001004001005004%2C001004001005004&pagesize=10&boardtypeid=76&boardid=53779(2017.2.3. 접속).

〈표 4-4〉 태양광산업 가치사슬별·국가별 점유율

	시장점유율
폴리실리콘	① 중국(34%) ② 미국(23%), ③ 독일(20%), ④ 한국(15%), ⑤ 일본(7%)
잉곳·웨이퍼	① 중국(75%) ② 대만(9%) ③ 일본(6%) ④ 한국(5%) ④ 기타 아시아/말레이시아 등(3%) ⑤ 독일(1%) ⑥ 기타 국가(미국 등, 1%)
셀	① 중국(64%) ② 대만(19%) ③ 기타 아시아/말레이시아, 인도 등(7%) ④ 일본(5%) ⑤ 독일(2%) ⑥ 한국(2%) ⑦ 미국(1%)
모듈	① 중국(67%) ② 일본(6%), ③ 기타 아시아/말레이시아, 인도 등(6%) ④ 한국(3%) ⑤ 대만(3%) ⑥ 미국(3%) ⑦ 독일(2%) ⑧ 기타 유럽/독일 제외(6%) ⑨ 기타 국가(아프리카 등, 4%)

자료 : 한국에너지공단(2016), p.3.

〈표 4-5〉 2015년 태양광산업 주요 가치사슬별 매출액 및 수출액

단위 : 억원

	폴리실리콘	잉곳	웨이퍼	셀	모듈	장비	인버터	부품·소재	집광채광기	계
매출액	13,338	4,437	2,288	1,578	41,118	3,222	4,128	5,502	26	75,637
비중(%)	17.6	5.9	3.0	2.1	54.4	4.3	5.5	7.3	0.0	100.0
내수	717	926	214	405	10,092	3,030	3,629	3,937	26	22,975
수출	12,621	3,512	2,074	1,173	12,256	192	500	1,565	-	33,892
해외공장	-	-	-	-	18,770	-	-	-	-	18,770

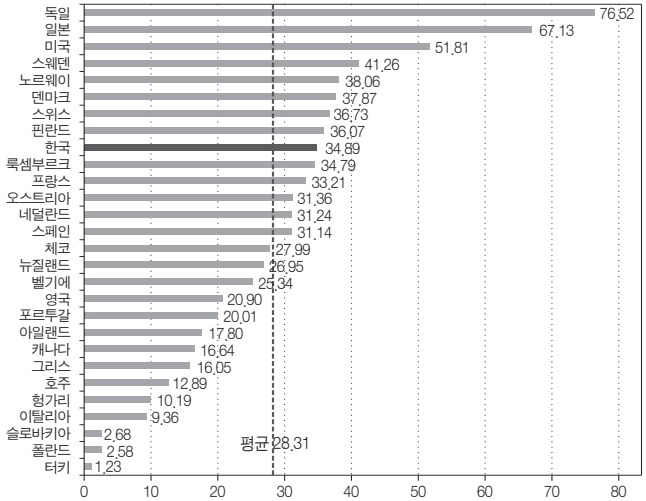
자료 : 산업통상자원부·한국에너지공단(2016), p.21.

○ 태양광 산업 부문에서 우리나라의 경쟁력 자체는 높은 편이나, 규모의 경제를 확보하지 못해 가격 경쟁력이 낮은 것으로 평가

- 이민규 외(2002)는 기술역량, 정부의 정책의지, 산업화 역량을 지수화하여 각국의 태양광 산업 경쟁력 지수를 도출

- 이에 따르면, 우리나라의 태양광 산업 경쟁력 지수는 34.89로 OECD 평균인 28.31보다 높은 수치를 기록

〈그림 4-2〉 태양광산업의 경쟁력 지수



자료 : 이민규 외(2012), p.62.

- 우리나라 태양광 산업의 기술 수준은 비교 대상군인 28개 OECD 국가들 중 4위(27.93), 정부의 정책의지 13위(56.50), 산업화 역량 7위(20.25)로 나타났으며, 기술 수준과 산업화 역량이 높게 평가

○ 그럼에도 우리나라의 태양광 모듈 생산용량은 중국 1개 업체와 비슷한 3.5GW에 불과해 중국과의 가격경쟁력에서 밀리는 상황, 2015년 기준 중국 제품의 가격은 우리나라 제품 대비 20~30% 낮은 상황[103)]

- 2014년 이후 폴리실리콘과 태양전지 모듈 가격은 지속적으로 하락 중이며, 특히 폴리실리콘은 중국발 공급과잉으로 인해 2016년 가격 수준(13달러/kg)보다 더욱 하락할 가능성이 높아 국내 제조 기업의 어려움이 예상

103) 한국수출입은행(2015), p.97.

- 또한 내수 시장이 작아 실증사업 및 상용화를 위한 사업기회 확보에 어려움을 겪고 있어, 적극적인 해외시장 개척 및 제품수출이 필요

□ 우리나라 풍력 부문은 내수 시장이 작아 사업기회 확보에 어려움을 겪어 산업화에 뒤처지고 있는 것으로 평가

○ 풍력산업은 부품 및 기자재 제조, 발전기 제조, 설치 및 시공, 발전 서비스 부문으로 구성되어 있으며, 우리나라의 풍력산업은 단조업체가 중심이 되고 있고, 풍력타워에 경쟁력을 보유하고 있는 것으로 평가

○ 부품 부문이 매출액 및 수출액에서 차지하는 비중이 가장 높으며, 발전 시스템 부문은 내수 비중이 타워 부문은 해외생산 비중이 높다는 특징을 보유

○ 반면, 우리나라 풍력산업의 경쟁력은 16위, 30.62로 OECD 평균인 31.60에 못 미치고 있으며 이는 산업화 경쟁력이 낮기 때문

- 우리나라의 풍력기술 역량은 6위(31.80), 정부의 정책의지 13위(56.50), 풍력 산업화 역량 26위(3.56)로 기술 수준에 비해 산업화

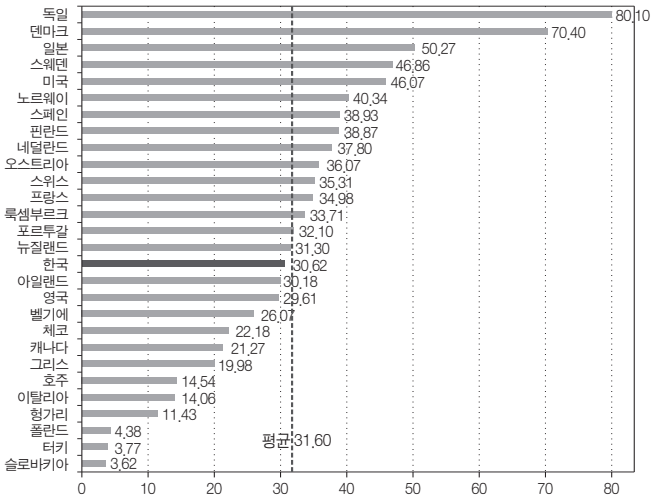
〈표 4-6〉 2015년 풍력산업 주요 가치사슬별 매출액 및 수출액

단위 : 억원

	발전시스템	날개	타워	인버터	부품	계
매출액	2,699	567	4,945	26	6,335	14,571
비중(%)	18.5	3.9	33.9	0.2	43.5	100.0
내수	2,528	110	699	9	1,777	5,123
수출	71	457	1,108	17	3,986	5,639
해외공장	100	-	3,138	-	571	3,809

자료 : 산업통상자원부·한국에너지공단(2016), p.30.

〈그림 4-3〉 풍력산업의 경쟁력 지수



자료 : 이민규 외(2012), p.63.

역량이 뒤처져 있는 상황

- 2015년 기준, 우리나라 터빈업체들이 공급 가능한 3MW 이상급 터빈은 전무한 수준[104)]

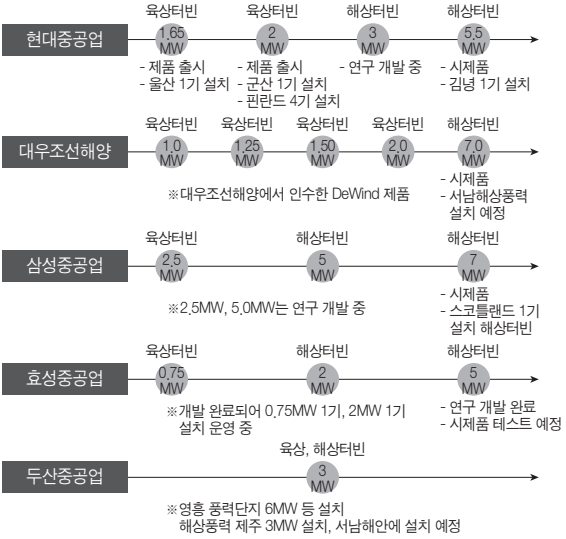
- 세계 풍력시장은 3MW 이상급 터빈으로 시장이 진화하고 있으나, 아직 우리나라 업체들은 연구 개발 단계 및 시제품 생산 단계

○ 풍력부문도 태양광 부문과 마찬가지로 내수 시장이 작아 실증사업 및 상용화를 위한 사업기회 확보에 어려움을 겪고 있으며, 이로 인해 규모의 경제 확보가 어려워 해외 터빈 가격 대비 20~30% 높은 실정

○ 풍력 발전부문의 경우, 20~30년간 악천후 속에서도 운행이 가능해

104) 한국수출입은행(2015), p.99.

〈그림 4-4〉 국내 풍력터빈 개발 현황



자료 : 한국수출입은행(2015), p.99.

야 하는 만큼 트랙 레코드 확보가 더욱 중요하나, 환경규제로 인한 부지 확보 어려움과 해외 기업 진출로 인한 경쟁 심화로 풍력터빈의 설치가 쉽지 않은 상황

(2) 남북한 협력에 대한 시사점

□ 북한, 재생에너지 개발 및 보급 확대를 위해서는 남북한 협력이 필요

○ 북한의 전력 등 에너지 사정이 극히 열악하고, 단기적으로 획기적인 개선 가능성이 크지 않다는 사실은 북한이 재생에너지의 개발 가능성이 상대적으로 큰 지역이라는 의미를 내포

○ 하지만, 북한이 재생에너지의 개발 및 보급 정책을 지속한다고 하

더라도 북한 내부의 역량만으로는 의미 있는 성과를 거둘 가능성이 높지 않은 상황

- 북한은 풍력 발전기 등의 설계 및 제작 기술이 초보적이며, 소재, 기계, 전자 등 관련 산업의 미발달로 자력에 의한 개발에 한계
- 정부의 재정지원이 없는 상황에서 가계 등 수요자의 전적으로 비용을 부담하는 방식의 재생에너지 보급 확대 역시 제한적

○ 따라서, 남북한 협력 등을 통하여 설계 및 제작기술, 그리고 소재 및 부품 공급 확대 등이 요구

□ 남북한 재생에너지 협력은 주민들의 삶을 개선하는 인도적 측면, 잠재적인 시장의 개발이라는 경제적 측면 모두에서 이점이 될 것

○ 소규모 재생에너지 분야 협력은 주민들의 삶에 영향을 미치는 실질적이고, 인도적 지원 분야로서 핵문제 등이 진전되기 전에도 추진할 수 있는 협력사업

- 에너지 공급원의 다양화는 북한 주민, 특히 대도시 이외 지역에 거주하는 대다수 북한 주민들의 생활 개선을 위해 가장 시급한 분야 중 하나
- 수력과 더불어 북한의 주요 전력 공급원인 화석연료는 외화부족, 석탄 채굴량 감소 등에 영향을 받으나 재생에너지는 주민들의 필요에 따라 중앙 전력망 연계 없이도 사용이 가능
- 북한 오지에 태양광 발전기 보급사업을 추진할 경우, 주민들의 생활 수준이 개선될 뿐 아니라 가내수공업자들에게 전기를 공급해

시장화가 촉진되고 주민들의 소득 수준이 높아질 가능성도 상존

- 따라서, 현재로선 경제성 확보가 어려운 전력망 구축보다는 전국적인 에너지 공급망과 연계할 필요가 없는 지역단위 소규모 재생에너지 공급 관련 협력 사업을 추진함으로써 상대적으로 적은 비용으로 단기간에 성과를 거둘 수 있을 것

○ 태양광 등 재생에너지 산업에 있어 규모의 경제가 크게 작용하는 상황에서 북한이라는 잠재적인 시장의 개발은 한국 재생에너지 관련 산업에서 적지 않은 의미

- 우리나라 태양광 및 풍력 산업 모두 내수 시장이 작아 규모의 경제 달성, 사업기회 확보에 어려움을 겪고 있는 상황 속에서 북한과의 재생에너지 산업 협력은 단기적으로는 우리 업체들의 트랙레코드 확보, 장기적으로는 시장 확보, 생산 협력을 통한 생산 단가 하락 등의 이점이 있을 것으로 기대

  · 북한은 환경규제가 상대적으로 적어 풍력 발전소 등의 부지 확보가 상대적으로 쉬우며, 이는 시장 확대의 요인이 될 가능성이 충분

□ 우리나라의 탄소 배출을 감축시켜야 하는 2020년 신기후변화체제 이후 북한과의 재생에너지 협력은 온실가스 배출권을 확보하는 데도 도움이 될 것

○ 교토의정서가 2020년까지 연장됨에 따라 우리나라는 온실가스 의무감축국에 포함되지는 않았으나, 2015년 정부는 2030년까지 자체적으로 온실가스 배출량을 전망치 대비 37% 감축하겠다는 목

표를 수립

· 우리나라의 온실가스 배출량은 2012년 기준 6억 8,830만톤CO_2eq로 의무감축국 대비 세계 6위 수준[105)]

○ 남북 재생에너지 협력 사업은 북한 지역을 친환경적으로 개발할 수 있다는 이점뿐 아니라 우리나라가 온실가스 배출권을 확보하는 데에도 도움이 될 것으로 기대

- 교토의정서는 CDM(Clean Development Mechanism; 청정개발체제) 사업을 통해 온실가스 배출권을 확보할 수 있도록 규정

- 선진국은 개도국에 자본과 기술을 투자하여 온실가스 배출량을 감축시키고, CDM 집행위가 인정한 분량만큼의 탄소배출권을 투자국에 부여

- 북한과의 CDM 협력 사업 중 산림, 재생에너지, 전력부문 효율 개선, 에너지 설비 효율 개선 부문이 재력이 높은 것으로 평가[106)]

· 2000년 기준 북한 온실가스 총배출량의 92.5%가 에너지 부문에서 발생[107)]

- 현대경제연구원에 의하면, 남북 CDM 협력 사업을 통해 남한이 가져올 수 있는 탄소배출권 잠재량이 약 108억톤CO_2로 경제적 가치로 환산 시 약 111조 6,612억원[108)]

105) 장우석(2015), p.1.
106) 정우진·박지민(2009), pp.ii-ix.
107) 박지민(2015), p.4.
108) 장우석(2015), p.9.

□ 또한 통일 이후 북한 경제 및 산업을 재건하는 데 필수적 요소인 전력 인프라 구축에 있어 시범 사업이 되어 줄 수 있을 것

○ 기존의 전력 공급 인프라를 통해 북한에 전기를 공급하기 위해서는 북한 전역에 송배전망이 깔려 있지 않아 송배전망의 건설 및 보수가 필요

- 북한의 송배전망은 매우 낡고, 용량이 크게 부족해 배전 시 전력 손실률도 상당한 상황

○ 재생에너지의 경우, 기존의 송배전망 인프라 없이도 전력 공급이 가능한 데다가 협력사업을 통해 북한측의 에너지 인프라 현황에 대해 보다 자세한 정보 취득이 가능할 것

○ 재생에너지 분야의 협력은 본격적인 남북한 에너지 분야 협력을 위한 북한 에너지 인프라, 수급 상황 등에 대한 정보를 획득하는 경로로도 활용될 수 있는 가능성이 존재

- 북측의 전력 문제 해결은 남북 경제 협력에 있어 핵심 선결과제로 재생에너지 분야의 협력은 북측 전력 사정에 대한 정보를 취득하고, 관련 인프라를 개선해 나가는 데 도움이 될 것

□ 남북 재생에너지 산업 협력은 개발협력적 측면과 중앙정부적 측면으로 이원화하여 단계별로 접근할 필요

○ 중앙정부와의 협력은 재생에너지 분야 기술협력부터 시작

- 핵문제 등으로 대북 투자가 어려운 상황에서 우선 재생에너지 관련 기술협력부터 추진하는 것이 효과적일 것으로 사료

- 한국이 재생에너지 산업에서 세계적으로 큰 성과를 거두고 있지는 못하지만, 북한이 요구하는 기술을 공급할 역량은 충분하며,
- 북한이 과학기술 중시정책의 일환으로 풍력 발전소 등 재생에너지 공급원의 개발에 큰 관심이 있는 만큼 관련된 기술분야의 협력에 북한 당국이 적극적으로 호응할 가능성이 크다고 판단

○ 개발협력적 차원의 협력은 민간이나 제3국과의 공동 진출 형태로 진출하는 것이 유리

- 민간이나 제3국과의 공동 진출은 남북 간 정치적 상황에 비교적 영향을 덜 받는 데다가 북한 당국을 자극할 가능성도 낮아 정국과는 상관없이 사업 추진이 가능
- 또한 북한 당국이 유럽 기업이나 NGO단체들을 통해 선진기술을 유치하는 데에 관대한 성향을 보이고 있으며, 타국이 개입된 만큼 사업 안정성도 높아 보다 용이하게 협력 사업 추진이 가능할 것으로 예상

□ 개발협력 차원에서의 협력 시 적정 기술(appropriate technology)적 관점에서의 추진이 필요

○ 적정기술은 수요국의 눈높이에 맞는 맞춤형 기술이라고 할 수 있으며, 기존의 사회·문화·자연 환경에서 주어진 자원을 최적으로 활용하고, 해당 지역의 빈곤 개선에 최적화되도록 개발된 기술의 총칭을 의미[109)]

109) 박영호 외(2014), pp.54~57.

- 즉, 적정기술은 현지에서 이용이 가능한 제반 자원들을 효과적으로 활용해 비용효과적이고, 해당 지역의 지속가능한 발전에 기여

○ 북한과 같은 개도국 협력의 경우, 적절하지 않은 기술 협력은 실제적인 성과로 이어지지 못할 가능성이 농후

- 일례로 선진국의 아프리카 지역 농업개발 프로젝트에서 지원된 현대식 농기계류는 부품 부족, 정비 기술 부족 등으로 그대로 버려지는 경우가 적지 않으며,

- 원조공여국들이 건설해 준 댐이나 발전소들이 유지보수 기술 및 운영 노하우 부족으로 제대로 운영되지 못하는 사태가 비일비재

- 이에 따라 아프리카 전력 설비의 1/4 정도가 제대로 가동되지 못하고 있으며 30개 이상의 나라에서는 매일 정전이 발생[110)]

○ 따라서 개발협력적 차원의 협력은 북한 주민들이 실제로 필요로 하고, 주민들의 역량으로 유지·보수가 가능한 분야를 기반으로 이루어져야 할 필요

- 메탄가스를 이용한 비료 제조, 태양열 조리기, 지열 난방기, 태양광 패널 등 북한 주민들의 빈곤 개선에 기여하고, 북한 현지에서 이용 가능한 제반 자원들을 이용한 분야에서의 협력이 이루어져야 할 것

□ 남북한 재생에너지 협력은 풍력 및 태양광 분야에서 시작하는 것이 좋을 것으로 판단

110) 박영호 외(2012), p.40.

○ 바이오매스 및 지열 발전의 경우, 일부 분야의 경우 그리 높지 않은 기술 수준이 요구되기 때문에 이미 북한에서 바이오매스를 활용한 메탄가스, 지열을 이용한 냉난방 시스템 등으로 이용

○ 이러한 기술들은 농촌 살림집들의 살림살이를 어느 정도 나아지게 할 수 있으나, 북한 주민들에 대한 전력 보장 문제를 해결하기에는 역부족이라는 점에서 풍력 및 태양광 분야의 협력이 보다 필요

○ 또한 풍력 및 태양광 분야 설비는 기술력이 필요한 제품들이 대부분이라 북한에서의 생산이 어려워 수입에 의존하고 있다는 점에서도 보다 협력 분야로 적합할 것으로 생각

○ 특히, 장기적으로는 풍력 부문에서의 협력을 기대해 볼 만한데 이는 풍력 부문이 태양광에 비해 건설비가 저렴하고, 유지 비용이 낮으며 풍력 기업들의 경우 트랙 레코드 확보가 타 재생에너지 부문 대비 더욱 중요하다는 점에 기인

- 국제원자력기구(NEA)에서22개국 181개 신규 발전소의 평균 LCOE 비용[111]을 추정한 결과 2020년 풍력발전(육상)의 원가가 석탄보다는 높고, 천연가스 발전보다는 낮은 수준으로 추정[112]

〈표 4-7〉 우리나라 재생가능에너지원별 건설비 및 건설기간

	태양광	풍력	수력	바이오	
				가스	매스
건설비(만원/kW)	880	170	250	250~275	110
건설기간(개월)	1~3	1~3	24~36	12	

자료 : 국회사무처(2007), pp.76~81.

111) 에너지균등화비용을 의미, 발전 총비용을 발전량으로 나눈 수치로 발전원가를 의미.
112) 화폐가치 3% 할인율 적용 시 결과.

□ 또한 에너지 분야 협력은 산림복구 및 수자원 분야의 협력사업과 공동으로 추진할 때 더욱 효과적일 것으로 예상

○ 가정용 연료의 부족과 그에 따른 주민에 의한 산림 훼손은 북한의 계속되는 수해의 주요 요인인 산림 황폐화의 주범

○ 북한 주민들이 가정용 연료로 사용하는 산림 자원은 온실가스 배출의 주요 요인 중 하나로 산림복구는 잠재력이 높은 분야 중 하나

○ 북한이 산림 복구를 위해 나름대로 노력하고 있고, 산림 복구와 수자원 확충은 남북한 협력의 주요 테마인데, 북한 주민에 대한 연료 및 에너지 공급의 확충이 수반되지 않는다면 이러한 노력과 협력이 큰 의미를 가지기 어려운 실정

□ 개발협력 차원의 접근은 민간 및 제3국과의 협력을 통해 태양광 부문의 소규모 사업부터 추진하는 것이 효과적일 것

○ 남북한 협력사업에 대한 최소한의 여건이 조성되면 재생에너지를 통한 북한 농촌 및 저소득층 에너지 공급 지원 사업을 추진

○ 에너지 분야 소규모 개발협력은 국제 NGO를 통하여서도 이루어지고 있는 사업인만큼 그 추진에는 큰 어려움은 없을 것으로 판단

○ 에너지 공급 지원 사업은 태양에너지 분야에서 시작하는 편이 좋을 것으로 생각되는데, 이는 관련 부문이 북한 주민들의 삶과 밀접하게 연계되어 있어 수요자적 측면에서 봤을 때 가장 효과가 클 것으로 예상되기 때문이며, 또한 관련 부문에서 우리나라의 ODA 경험이 많다는 이유에 기인

〈표 4-8〉 우리나라의 재생에너지 ODA실적 통계

	2010	2011	2012	2013	2014	연평균
재생에너지-하이브리드	0.03	1.91	15.68	14.00	7.46	7.82
수력	17.91	10.78	10.23	1.31	0.21	8.09
태양에너지	17.84	3.64	6.24	7.95	2.28	7.59
풍력에너지	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
해양에너지	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
지열에너지	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
바이오에너지	5.69	0.37	0.84	0.00	0.47	1.47
총계	41.47	16.70	32.99	23.25	10.42	3.57

자료 : 2016 쿠바 KSP 보고서에 수록 예정.

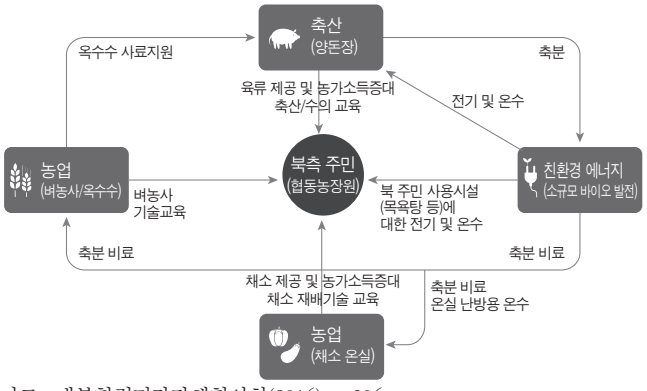
- 태양에너지 부문 협력은 태양광 패널의 공급에서 시작해 점차 지원을 확대해나가는 방향으로 전개할 수 있을 것
- 태양광 패널은 북한 당국보다도 주민들의 수요가 높은 분야이며, 중앙 전력망에 대한 연계 없이 독립형 발전이 가능해 소규모의 협력 사업 전개가 가능
- 향후 제3국과의 합작을 통해 풍력 발전소의 설치나 소규모 태양광 발전 단지의 조성 등을 통하여 지역 차원으로 전력 공급을 늘려나갈 수 있을 것이며, 지열, 바이오매스 등의 분야에서도 지원이 가능할 것으로 기대

○ 추후 재생에너지 협력 사업이 북한 주민의 생활을 실질적으로 개선시키기 위해서는 에너지 등 특정 분야에서의 협력만으로는 한계가 있고, 생산(농업 혹은 소규모 상공업), 주거, 에너지 등의 분야에서의 지원이 패키지로 이루어져야 할 것

- 2009~2011년 우리민족서로돕기운동에서 경기도와 공동으로 북한과 덕동농장을 대상으로 자원순환형 지원사업을 진행한 사례가 존재
  - 덕동농장은 축산과 사료작물재배, 벼농사 등을 함께 하는 복합농장이었지만, 에너지와 사료부족 등 자원부족으로 어려움을 겪고 있었으며, 이에 개성지역 평화리에 3,000평가량의 채소온실 조성, 연간 1,000마리 규모의 양돈장 건설, 50정보 규모에 필요한 비료지원, 농기계 및 영농물자 지원과 더불어 자원순환형 지원 사업을 추진
- 자원순환형 지원사업의 핵심은 농장 내에 유기적인 생산 순환 시스템을 만드는 것으로 돼지 2,000두의 축분을 처리하여 바이오가스로 전환하여 약 60kW/h 전력을 생산하여 주민들의 사용시설에 전력 및 온수를 공급할 수 있는 형태로 계획

○ 패키지형태의 지원은 북한 주민들의 삶의 수준을 단순히 개선시키

〈그림 4-5〉 패키지형 지원 사업의 예시



자료 : 대북협력민간단체협의회(2016), p.206.

는 것을 넘어서 시스템이 유기적으로 돌아갈 수 있도록 하는 기반이 되어줄 것

- 기업소, 농장 등 주민들의 생산 터전과 연계되어 북한 주민들의 삶이 실질적으로 개선되는 효과가 있으며, 장기적으로는 북한의 생산시설들을 정상화하는 데에도 어느 정도의 도움이 될 것으로 기대

□ 추후 여건 조성 시, 북한에서의 재생에너지 설비 생산도 모색해 볼 필요

○ 대북 투자를 수반하는 남북한 산업협력의 여건이 조성되면 북한에 태양광 패널 생산 설비를 건설, 남한에서 공급한 중간재를 북한에서 최종 가공하는 형태의 협력사업을 본격적으로 추진할 수 있을 것

- 북한은 가정이나 소규모 산업시설에서 사용되는 태양광 설비를 대부분 완제품 형태로 중국 등에서 수입

- 최근에는 패널 등 중간재를 수입하여 북한에서 최종 조립하여 판매하는 경향이 나타나고 있지만 아직 그 비중은 크지 않은 것으로 확인

- 태양광 패널의 경우, 생산가격 하락으로 점차 가격 경쟁력이 중요해지고 있어 북한의 저렴한 노동력을 이용한다면 가격 경쟁력 향상에 도움이 될 것

□ 정부 간 협력 사업은 여건 조성 시, 기술 협력에서 시작하되 추후 풍

력발전소 건설과 같은 대규모 협력사업을 추진할 필요

○ 재생에너지 기술 부문 협력의 장점은 북한측의 거부감이 적은 분야이자, 정치적 화해모드 조성이 필요한 대북 투자에 비해 보다 용이하게 사업 착수가 가능하다는 점

- 장기적으로 완제품을 생산하는 공장을 건립하기 위해서는 일정 수준의 기술 수준 및 인력 교육이 필요한데 기술 협력을 통해 점진적으로 이러한 여건을 조성

○ 남북한 재생에너지 협력사업이 본격화되는 단계에는 제조업 분야의 남북한 협력사업과 연계하여 보다 규모가 큰 풍력 발전 단지의 건설 및 운영을 추진할 필요

- 풍력발전은 부지 확보 등의 문제로 남한에서 설치가 용이하지 않은데 기술협력 및 부품분야 협력을 지속하는 한편, 개발협력 차원에서 농촌 및 중소도시 주민을 위한 풍력 발전소를 건설한다면 우리 기업들의 트랙레코드 확보가 가능해질 것

□ 중장기적으로는 북한은 재생에너지를 포함한 에너지산업의 발전을 위한 테스트 베드 및 새로운 시장으로서 활용 가능한 잠재력을 보유

○ 북한은 전력 공급능력이 크게 부족할 뿐만 아니라 대부분의 발전소가 노후화되어 있으며, 기술적으로도 낙후

- 송배전망은 매우 노후화되어 송전 시 손실률이 매우 높을 뿐만 아니라 전국 단위의 전력망도 제대로 구축되어 있지 못한 상황

○ 따라서 재생에너지를 비롯한 에너지 분야의 새로운 기술 및 설비에 대한 저항이나 이들 기술 적용의 기회비용은 상대적으로 적은 편

○ 한국 재생에너지 산업의 약점의 하나가 작은 시장규모에 따른 규모의 경제 달성의 어려움인 점을 감안할 때 북한과의 협력은 중장기적으로 한국 재생에너지 산업이 경쟁력을 확보하는 데 적지 않은 기여를 할 수 있을 것으로 판단

참고문헌

1. 국내문헌

- 국가안보전략연구소(2014),「국제문제연구」, 제14권, 제3호.
- 권승문·김하나·전의찬(2016), "신재생에너지산업의 경제적 파급효과 분석", 「한국기후변화학회지」, Vol.7, No.1.
- 김인선·김용표·이지이(2011), "북한 에너지 사용이 수도권 대기환경에 미치는 영향", 한국대기환경학회 2011년 춘계학술대회 논문집, 2011.5.
- 김종선 외(2011),「남북한 과학기술 혁신체제 연계 방안」, 정책연구 2011-17, 과학기술정책연구원.
- 남북교류협력지원협회(2015),「2015년도 북한 에너지·자원 정책 전망」.
- 대북협력민간단체협의회(2016),「대북지원 20년 백서」.
- 민족21(2010), "북의 신재생에너지 개발 어디까지 왔나 풍력·태양열·조력·바이오매스 등 기초연구 탄탄", Special Report 북의 신재생에너지.
- 박영호·김예진·장종문·권유경(2014),「적정기술 활용을 통한 대아프리카 개발협력 효율화 방안」, 대외경제정책연구원.
- 박영호·장종윤·전혜린(2012),「아프리카 개발수요와 한국의 분야별 ODA 추진방안」, 대외경제정책연구원.
- 박정순(2015),「국제신재생에너지 정책변화 및 시장분석」, 세계에너지시장 인사이트 제15-6호, 에너지경제연구원.
- 박지민(2015),「북한 에너지부문 탄소시장 잠재력과 시사점」, 세계 에너지시장 인사이트 제15-32호, 에너지경제연구원.
- 블룸버그(2013),「BNEF 2030 에너지 시장 전망」.
- 산업통상자원부(2014),「제4차 신재생에너지 기본계획」.
- 산업통상자원부·한국에너지공단(2016),「2015년 신·재생에너지 산업통계」.
- _____(2016),「2016 신·재생에너지 백서」.
- 서범근·변재영·최영진(2011), "중규모 수치모델 WRF를 이용한 북한 풍력-기상자원지도 개발",「한국기상학회대기」, 제21권, 4호.

- 손충렬(2006), “풍력발전의 남북 공동기술 개발 및 협력사업”,「북한과학기술연구」, 제4집, 한국과학기술정보연구원.
- 신재생에너지센터,「2015년 신재생에너지 보급통계(2016년판)」.
- 윤재영(2014),「북한 전력산업 동향과 자원개발용 전력공급 전략」, 북한자원 Newsletter, Vol.67.
- 윤준희·서은경·박영산·김학선(2010), “종관 바람 관측 자료를 이용한 북한 지역의 풍력자원 분석”,「Korean Earth Science Society」, Vol.31, No.3.
- 이유진·이강준·윤지훈·장주영(2007),「남북 에너지 협력방안 연구: 재생가능에너지를 중심으로」, 2007년도 국회연구용역 과제 보고서.
- 이정석·김미나·신철식(2015), “북한 인프라 스톡의 실태 추적과 통일대비 공단의 역할 시나리오”,「시설안전지」, Vol.46.
- 이철용·이상열(2010),「신재생에너지 부품·소재 산업 육성을 통한 수출산업화 전략 연구」, 경제·인문사회연구회 녹색성장 종합연구 총서 10-02-32.
- 이춘근·김종선(2015), “북한 김정은 시대의 과학기술정책 변화와 시사점”,「STEPI Insight」, 제173호, 과학기술정책연구원.
- 임소영(2011),「신재생에너지를 중심으로 한 농촌전력화 프로그램 개발협력 모델」, 한국국제협력단.
- 임소영·김지혜·정선인·이정필(2014),「CLMV 국가의 에너지 보급을 위한 개발협력 프로그램 연구」, 산업연구원.
- 장우석(2015),「남북 재생에너지 CDM 협력사업의 잠재력」, 15-39, 현대경제연구원.
- 정우진(2006),「대북 전력지원 및 협력방안 연구」, 에너지경제연구원.
- _____(2016), “북한의 전력 증산정책과 과제”,「KDI 북한경제리뷰」, 2016년 5월, 한국개발연구원.
- 정우진·박지민(2009),「북한 CDM 사업 잠재력 분석 및 남북 협력 방안」, 에너지경제연구원.
- 조재현(2014), “북한의 전력인프라 현황과 남북 협력방안”,「전기산업 브리

핑」, 2014.8.
- 최장호·최유정(2016), "2015년 북한의 대중 무역 분석", 「KIEP 오늘의 세계경제」, vol.16, No.16.
- 한국에너지공단(2015), 「개도국 에너지 이슈리포트」, 2015.8.
- _____(2016), 「국내외 태양광 에너지 동향 및 시사점」.
- 한국에너지기술연구원(2014), 「북한 에너지자원 분석 및 기술협력 방향」, KIER 기술정책 Focus.
- 한국수출입은행(2015), 「신재생에너지산업의 기회와 국내 기업들의 해외 진출 전략」.
- 한국정책재단(2016), 「'北 신년사'를 통해 본 2016년 북한경제 방향 및 남북경협 전망」.

2. 해외문헌

- Byrne, John, Shen, Bo, and Wallace, William(1998), "The Economics of Sustainable Energy for Rural Development: A Study of Renewable Energy in Rural China", *Energy Policy*, Vol.26.
- Lenssen, Nicholas(1993), *Providing Energy in Developing Countries, State of the World 1993: A Worldwatch Insttitute Report on Progress Toward a Sustainable Society*, New York; W.W. Norton.
- TWAS(2008), *Sustainable Energy for Developing Countries*, TWAS.

3. 웹사이트

- 남북의 창, 北 태양광 에너지 독려 전력난 대안 되나?, http://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=3388096(2017.3.7. 접속).
- 메아리, http://arirangmeari.tumblr.com/post/144036958284/%EA%B5%AD%EA%B0%80%EA%B3%BC%ED%95%99%EC%9B%90%EC%97%90%EC%84%9C-100%EF%BD%8B%EF%BD%97%ED%92%8D%EB%A0%A5%EB%B0%9C%EC%A0%84%EA%B8%B0%EA%B0%9C%EB%B0

%9C%EC%97%90-%EB%8B%A8%EB%B2%88%EC%84%B1%EA%B3%B5(2016.11.20. 접속).
- 북한의 메탄가스화 사업 추진 현황, http://www.nktech.net/inform/nkt_briefing/nkt_briefing_v.jsp(2017.2.1. 접속).
- 서울경제, http://www.sedaily.com/NewsView/1L2S4TA02T(2016.12.11. 접속).
- 수출입은행, 2016년 1분기 태양광산업 동향, https://www.koreaexim.go.kr/site/program/board/basicboard/view?menuid=001004001005004%2C001004001005004&pagesize=10&boardtypeid=76&boardid=53779.
- 연합뉴스, http://www.yonhapnews.co.kr/politics/2013/08/30/0511000000AKR20130830181000014.HTML(2016.12.14. 접속).
- 연합뉴스, '북한, 중국서 태양광에너지 기술·장비 전수', http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2014/01/25/0200000000AKR20140125039900097.HTML(2016.1.20. 접속).
- 연합뉴스, http://www.yonhapnews.co.kr/politics/2009/12/04/0511000000AKR20091204105300014.HTML(2017.3.2. 접속).
- 자주시보, http://jajusibo.com/sub_read.html?uid=25015&section=sc3(2016.11.20. 접속).
- 코트라(2016), 북한 10만 가구 태양광 패널 사용 추정, 코트라 해외시장 뉴스, https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/10/globalBbsDataView.do?setIdx=247&dataIdx=150269&pageViewType=&column=&search=&searchAreaCd=&searchNationCd=&searchTradeCd=&searchStartDate=&searchEndDate=&searchCategoryIdxs=&searchIndustryCateIdx=&searchItemCode=&searchItemName=&page=2&row=10
- 통일뉴스, http://www.tongilnews.com/news/articleView.html?idxno=115322(2016.9.20. 접속).
- VOA, http://www.voakorea.com/a/2841779.html(2017.1.22. 접속).

정책자료 2017-295

북한 재생에너지 현황과 시사점

인쇄일 2017년 3월 28일
발행일 2017년 3월 31일
발행인 유병규
발행처 산업연구원
등 록 1983년 7월 7일 제2015-000024호
주 소 30147 세종특별자치시 시청대로 370
세종국책연구단지 경제정책동
전 화 044-287-3114
팩 스 044-287-3333
문 의 자료·편집팀 044-287-3215
인쇄처 이호문화사

값 5,000원
ISBN 979-11-88165-48-3 93320
내용의 무단 복제와 전재 및 역재를 금합니다.