

# 북한 발전과 주민 안전을 고려한 북한 신재생에너지 전력 시장 가치 추정

장형식\* · 구일섭\*\*

\*남서울대학교 대학원 산업경영공학과 박사과정 · \*\*남서울대학교 빅데이터경영공학과

## Estimating the Value of the North Korean Renewable Energy Power Market Taking into Account North Korea's Power Generation and the Safety of Its Inhabitants

Jang, Hyung Sik\* · Koo, Il Seob\*\*

\*Namseoul University Graduate School, Industrial Management Engineering

\*\*Namseoul University, Dept. of Bigdata & Management Engineering

### Abstract

While protecting its lives and property from natural disasters such as floods and droughts, North Korea needs to develop into an informationized industrial society by securing renewable energy power in the era of energy transition. In addition, existing research has considered that a policy of continuous and consistent expansion of renewable energy based on the safety of the lives of ordinary people could be the solution. South Korea needs to recognize that the supply of energy for a minimum of living is more important to the North Korean people than the economic benefits of securing North Korea's renewable energy market. Therefore, in this paper, from that point of view, we have calculated the amount of electricity that North Korea lacks necessary for the lives of its inhabitants that can be replaced by renewable energy, and considered ways to estimate the market value.

**Keywords :** North Korean, Renewable energy, Safety of lifes, Climate change

### 1. 서론

현재 세계 각국은 기후변화에 대한 대응과 함께 4차 산업혁명의 이행이라는 변화도 함께 겪고 있으며 이와 관련하여 에너지 또한, 탄소에너지에서 신재생에너지로의 전환이 진행 중이다. 이러한 에너지 전환시대에 우리나라의 신재생에너지 산업 또한 변화의 한가운데에 놓여 있다. 세계에너지기구(International Energy Agency)에 따르면, 우리나라는 2017년 기준 세계 7위 온실가스 배출국으로서 기후변화위기에 대한 대응 평가가 낮은 편으로 평가된다. 이를 극복하기 위해서는 기업과 정부 차원에서 기후변화 대응 및 온실가스 감축 활동과 함께 적극적인 에너지 절감 기술개발과 탄소배출이 없는 안전하고 친환경적인

에너지의 안정적이고 지속적인 공급이 매우 중요한 상황이다. 또 다른 한편으로는 지속적인 전력산업 발전을 위해서는 새로운 전력시장의 확보가 필요한 상황이다. 이러한 남한의 상황과는 대조적으로 북한은 주민들의 일상생활에 필요한 식량, 연료 부족 등에 대하여 최소한의 생존과 관계된 문제도 해결하지 못해 상당한 어려움을 겪고 있다. 이러한 상황에서 북한은 생활연료 부족 문제를 해결하기 위해 2013년에 재생에너지법(북한식 표기)을 제정하여 자연에너지 중장기 개발계획을 발표한 바 있으며, 그 영향으로 2020년에는 주택의 50% 정도에 태양광 전력생산 시설을 설치할 정도로 보편화하였다. 이렇듯 북한은 외부로부터의 에너지 공급이 어렵기에 에너지 부족 문제 해결을 위한 최소한의 대안으로 수력, 태양광 등 재생에너지

†Corresponding Author : Il Seob Koo, Dept. of Bigdata & Management Engineering, Namseoul University, 91 Daehag-ro, Seonghwan-eup, Seobug-gu, Cheonan-si, Chungnam, E-mail: ilsubkoo@nsu.ac.kr  
Received September 16, 2022; Revision September 27, 2022; Accepted September 28, 2022

생산에 더 큰 관심을 보이는 것으로 판단된다.

그러나, 북한은 수십 년 전부터 식량 자급을 위한 다락밭 개발 및 무분별한 댐감 사용으로 삼림이 황폐화했으며, 수력발전소에는 민둥산의 토사 유입으로 인한 저수 용량 감소로 홍수, 가뭄 등의 자연재해에 대하여 그 역할을 충분히 할 수 없어 해마다 많은 인명의 사망과 엄청난 경제적 피해를 보고 있다. 이는 에너지전환시대를 쫓아가려는 북한으로서는 수력발전 확대 등을 통한 전력확보 및 신재생에너지 확대 정책이 반대로 주민의 생활과 안전을 무시하는 모순된 상황을 만들고 있음을 의미한다. 북한의 혼돈된 신재생에너지의 전력시장은 남한으로서는 새로운 전력 시장 확보라는 측면과 북한의 전력난 해소라는 관점에서 공동의 관심이 존재하는 분야라고 할 수 있기에 북한의 신재생에너지 산업을 공동으로 수행한다면 남·북한 모두에게 이익을 줄 것이라고 판단된다. 정부의 ‘신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법’에 따르면, 신재생에너지는 ‘신에너지’와 ‘재생에너지’의 합성어로, 신에너지는 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 수소, 산소 등의 화학 반응을 통하여 전기 또는 열을 이용하는 에너지를 의미한다. 재생에너지는 햇빛, 물, 지열, 강수, 생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지를 말한다[1] [2] [3].

본 논문에서는 4차 산업혁명과 기후변화의 대응 그리고 변화하는 세계 에너지 사용 흐름을 고찰하고, 이러한 상황에서 저개발국가인 북한이 자연재해로부터 자신들의 재산과 안전을 지키면서 자연훼손을 최소화하는 신재생에너지 확보를 통하여 정보화 산업사회로의 발전이 가능한지를 알아보고자 한다. 그것이 가능해야만 북한도 주민의 안전을 전제로 신재생에너지 확대 정책을 일관되고 지속하여 추진할 수 있기 때문이다. 즉, 북한 주민들에게는 최소한의 생활을 위한 에너지의 공급이 남북한의 정치, 경제적 이익보다 앞서서 가치임을 인식하는 것이 중요하다. 그러

한 관점에서 북한 전력 현황을 살펴보고 주민의 일상생활에 필요한 북한의 부족한 전력량을 계산하고 시장 가치를 추정하고자 한다.

## 2. 4차 산업혁명과 기후변화 대응에 따른 에너지 전환

### 2.1 산업혁명과 에너지 변화

제3의 물결의 저자인 A. Toffler가 설명한 바와 같이 현재 인류는 혁신적 변화가 진행 중인 4차 산업혁명의 시대에 살고 있는 상황에서 UN, EU 등 선진각국, 환경 NGO 단체 등에서는 지구온난화 관련 기후변화협약, 탄소 Zero 정책, 환경보전, 공정무역, RE100(Renewable Energy 100) 등과 같이 자연환경보전을 강조하는 목소리를 키우고 있다. 이것은 현재 인류에게 주어진 기후변화에 대한 대응과 4차 산업혁명 이행이라고 과제를 슬기롭게 해결해야한다는 것을 의미한다. 다시 말해서 우리는 환경보전과 경제개발이라는 두 가지 서로 다른 가치가 충돌하는 상황 속에 놓여 있다는 것이다. 이와 같은 격변의 시기에는 모든 경제, 산업 활동과 직접적으로 관련이 있는 에너지 산업도 그 흐름을 거스를 수는 없는데, 이러한 점은 <Table 1>과 같이 시대의 흐름에 따라서 사용되었던 주 에너지의 변화를 통해서도 알 수 있다. 특히 20세기에 주력으로 이용하던 탄소연료와 원자력을 이용한 에너지에서 4차 산업혁명이 진행 중인 21세기 현재의 에너지는 정보화 시대에 적합한 이동 가능한(Mobility) 에너지원으로서 자연친화적인 신재생에너지로 생산된 전력이 주류가 될 것이라는 의견이 지배적이다.

<Table 1> Industrial Revolution and Energy Change

Division	Main Energy	Remarks
1 <sup>st</sup> industrial revolution (1780~1800)	Use of steam energy through the use of carbon fuels such as coal	The first industrial revolution of mankind, including the invention of the steam engine and large-scale production plants
2 <sup>nd</sup> industrial revolution (1890~1900)	Carbon fuels such as coal and petroleum, electricity use	Invention of internal combustion engine, revolutionary reform such as Ford system, establishment of automatic production system such as conveyor belt, mass production of automobile, etc.
3 <sup>rd</sup> industrial revolution (1980~1990)	Use of carbon fuels such as coal and petroleum, and nuclear energy	Digital revolution such as computers, information society such as factory automation
4 <sup>th</sup> industrial revolution (2010 ~)	Electricity produced by nature-friendly renewable energy	2016 World Economic Forum advocate, big data, artificial intelligence, robotics, Internet of Things, unmanned aerial vehicles, 3D printing, technological innovations such as nanotechnology.

## 2.2 기후변화 대응 관련 협약

국제사회가 함께 공동으로 노력하는 최초의 기후 합의로 2015년 12월 체결된 파리협정(Paris Climate Agreement)을 거치며 기후위기 대응이 점차 세계 모든 나라에게 의무로 확대되었으며, 기업에게는 위기가자 새로운 기회의 요인이 되었다. 국제사회의 지구온난화에 대한 대응은 1997년 교토의정서를 합의하면서 시작되었다. 지구온난화로 인한 피해를 예방하기 위해 기온 상승을 (1차) 산업혁명 이전 시기 대비 1.5°C 이하로 제한하며, 2030년까지 온실가스 배출량을 2010년 대비 45% 줄여야 한다고 했는데, 이미 2011~2020년 사이에 지구 온도가 1.09°C 상승하였으며, 1.5°C 상승 도달 시점도 2052년 목표 대비 10년 이상 앞당겨질 것으로 예측했다. 기존 교토의정서는 개발도상국의 대표주자인 중국이 빠지고 미국과 일본 등 일부 선진국은 자국 산업 보호를 이유로 이탈하면서 그 실효성에 큰 타격을 입었다. 당시 선진국은 중국 등 개발도상국이 경제개발을 하면서 세계의 환경을 크게 훼손하고 있다는 주장이었고, 개발도상국들은 (1차) 산업혁명 이후에 선진국이 지구에 더 많은 해악을 끼치며 경제개발을 해 놓고 이제 개발도상국이 경제개발을 겨우 시작하는데 방해한다는 주장으로 좀처럼 선진국과 개발도상국 간의 의견 차이를 좁히기 어려웠다. 지구온난화를 방지하기 위해 온실가스를 줄이자는 파리기후변화협정의 주장과 같이 기후변화에 대한 대응은 일부 국가의 힘이나 노력만으로는 불가능하며 국제사회를 구성하는 모든 구성원이 노력할 때에만 의미 있는 성과를 낼 수 있을 것이다[4].

## 2.3 세계 에너지 수요전망

국제에너지기구(IEA: International Energy Agency)에 따르면, 2020년 대비 2050년의 예상되는 세계 1차 에너지 수요는 <Table 2>와 같이 석탄의 비율은 축소되고, 반면에 친환경 에너지인 신재생에너지의 수요는 지속 증가하여 그 점유비율이 16%에서 28%로 급증할 것으로 예상하고 있다. 또한, 최종에너지에서는 <Table 3>과 같이 고체연료(석탄 등)는 감소하는 반면에 전력은 가장 빠르게 증가하여 그 점유율이 20%에서 26%로 확대될 것으로 예상됨을 알 수 있다. 따라서 각 나라의 신재생에너지 여건과 기후협약의 준수 여부 등이 미래의 신재생에너지 사용 증감에 영향을 줄 것이나, 기본적으로 신재생에너지 및 전력이 미래 에너지의 주류가 될 것이라고 판단된다.

## 3. 북한의 자연재해 상황 및 전력생산 현황

### 3.1 자연재해로부터 안전확보 필요

#### 3.1.1 수재해 현황

지구 온난화로 인한 결과로 기상 이상 발생 빈도가 증가하고 그 강도가 세지면서 자연재해로 인한 피해 규모가 점점 대형화되는 실정이다. 북한도 이러한 현상에 있어서 예외는 아니다. 특히, 북한은 자연재해 중 여름철 태풍과 홍수로 인한 인명 및 재산 피해가 대부분을 차지하고 있다.

<Table 2> Change in the world's primary energy ratio (unit: million toe)

Division	petroleum	Coal	Gas	Nuclear	Renewable	Total
Year 2020	4,093	3,721	3,322	702	2,230	14,068
Year 2050	4,735	2,813	4,191	967	5,058	17,764
Average annual growth rate	+0.5%	-1.0%	+0.8%	+1.1%	+3.5%	+0.8%
weight change	29% ⇨ 27%	26% ⇨ 16%	24% ⇨ 24%	5% ⇨ 5%	16% ⇨ 28%	

Source : IEA, World Energy Outlook 2021, Energy Economic Research Institute, Energy Statistical Yearbook

<Table 3> Change in the ratio of future power and energy sources (unit: million toe)

Division	electrical energy	liquid fuel	gas fuel	solid fuel	heat(+ etc.)	Total
Year 2020	1,953	3,759	1,641	2,130	375	9,858
Year 2050	3,439	4,755	2,352	2,037	558	13,141
Average annual growth rate	+1.9%	+0.8	+1.2%	-0.1%	+0.4%	+1.0%
weight change	20% ⇨ 26%	38% ⇨ 36%	17% ⇨ 18%	21% ⇨ 16%	4% ⇨ 4%	

Source : IEA, World Energy Outlook 2021, Energy Economic Research Institute, Energy Statistical Yearbook

<Table 4>와 같이 1980년부터 2008년까지의 북한의 홍수로 인한 총 피해액은 약 175억 달러로서 남한 총피해액의 약 7배에 해당한다. 남한의 경우 돌발홍수가 약 19억 달러로 가장 많은 피해액을 발생시킨 반면에, 북한의 경우 일반홍수가 약 153억 달러로 가장 큰 피해액을 발생시켰음을 알 수 있는데, 이것은 북한의 경우 수해에 대비한 안전시설이 미비함을 의미하는 것이다.

또한, 북한에서는 1995년부터 2021년까지 26년 동안 2001년, 2009년, 2017년을 제외한 모든 연도에 홍수가 발생하였다. <Table 5>와 같이 해마다 자연재해(홍수 및 가뭄)로 인해 대규모 사망자와 피해자가 발생하고 있는데, 전반적으로 홍수에 의한 사망은 산림이 훼손된 지역의 하천 범람에 의한 것으로 파악되고 있다[5].

### 3.1.2 북한 산림 황폐화 원인 및 대처

북한의 산림 황폐화는 1990년대 심각한 경제난으로 인해 중앙의 물자공급체계가 붕괴되면서 주민들은 부족한 식량을 확보하기 위해 거주지 주변의 산에 다락밭을 건설하였고, 가정용 빨감 확보를 위해 나무를 베어야 했다. 이로 인해서 도시 주변의 산이 황폐해지면서 홍수와 가뭄에 대한 자연 조절기능을 상실했고, 대규모 자연재해로 이어지는 악순환에 직면했다. 최근 기후변화로 인한 집중호우가 증가하면서 그 피해도 가속화되고 있는 것이다. 게다가 산림 황폐화로 인한 피해는 남한까지 그 영향을 끼치고 있다. 북한과 맞닿아 있는 경기 북부는 집중호우 시 대량의 빗물과 토사가 유입되면서 하천범람에 의한 피해를 보기도 했다[6] [7]. 즉 북한의 황폐산림문제는 한반도를 공유

하고 있는 남북이 공동으로 자연재해로부터 주민의 재산과 안전을 지킬 수 있는 조치가 필요한 것이다. 그러한 측면에서 자연재해로부터 주민의 재산과 안전을 지키고 기후변화에 능동적으로 대응하기 위해서는 자연 친화적이고 안전한 신재생에너지의 공급이 그 대안이 될 수가 있을 것이다.

### 3.2 전력생산량 증가 한계

북한의 수력발전 경우는 건설된 지가 50여 년이 지난 설비가 85% 이상 이르는데 이에 따라 노후화가 심각한 상태이다. 그리고 저수량 부족, 계절적 요인과 송·배전의 누전손실률이 높고 설비교체 및 유지보수에도 어려움을 겪고 있다. 화력발전의 경우도 90% 이상이 1970년대에 준공되어 노후화된 설비들이며, 전체 발전설비의 70% 가량은 20년 이상 가동이 멈춘 상태이다. 부품조달 및 정기정비는 러시아와 중국에 의존하고 있고 높은 고장률과 석탄생산 감소, 가동률 저하, 적기보수 지연 등의 문제로 전력난이 더욱 가중되고 있다. 이에 따라서 <Table 6>에서 알 수 있듯이 북한의 전력생산량과 1인당 전기사용량은 1980년대 수준에 머물러 있다고 평가된다.

화력발전의 경우 지난 수십 년간 별채로 인한 민등산의 홍수로 광산이 물이 차게 되고 채탄이 어려워져 전력생산에도 차질이 발생하였으며, 시설 대부분이 해방 이후 중국과 러시아의 지원으로 건설되어 노후화에 따른 잦은 고장과 부품 확보의 어려움으로 설비운영 효율성이 대단히 낮다. 그리고 수력발전의 경우에도 겨울철에 물이 얼거나 갈수기 때의 수량 부족으로 전력생산이 안 되고 홍수에 따른

<Table 4> The magnitude of the economic damage in South and North Korea by flood type

Division	South Korea	North Korea
Unspecified floods (A flood that is not particularly distinguishable)	About 400 million \$	About 2.2 billion \$
Sudden flood (The phenomenon of a rapid inland surge of water due to a short period of heavy rain)	About 1.9 billion \$	About 10 million \$
General Flood (Flooding of water flooding rivers due to rainfall slowly filling inland)	About 600 million \$	About 15.3 billion \$
Total	About 2.8 billion \$	About 17.5 billion \$

Source : From Year 1980 to 2008 North Korea Disasters, Centre for research on the Epidemiology of Disasters (<http://www.emdat.be/>)

<Table 5> Number of Disaster Deaths and Victims in North Korea

Year	2005	2006	2007	2010	2011	2012	2013	2015	2019
Division									
Number of deaths (people)	207	278	720	30	74	147	51	33	-
Number of victims (people)	16,298	91,824	1,172,167	95,785	57,592	3,137,550	848,690	18,003,541	10,100,000

Source : Statistics Korea 『North Korea Statistics Portal, IFRC』(International Federation of Red Cross)

<Table 6> Indices related to population and electricity by year in North Korea

Division \ Year	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019
population (1,000 people)	14,410	16,275	17,472	18,877	20,293	21,862	22,909	23,904	24,549	25,184	25,666
power generation capacity (MW)	3,550	4,530	5,010	5,960	7,142	7,237	7,552	7,822	6,968	7,427	8,150
power generation (billion KWh)	14.0	18.3	21.2	25.1	27.7	23.0	19.4	21.5	23.7	19.0	23.8
Power consumption per person (KWh)	909 <sup>1)</sup>	1,019	1,099	1,204	1,237	906	712	807	743	654	446 <sup>2)</sup>

Source : Statistics Korea [North Korea Statistics Portal]

<sup>1)</sup> 1971 yr. data, <sup>2)</sup> Energy Statistical Annual Report by Korea Energy Economics Institute

저수지 바닥에 토사, 진흙 등이 쌓여 전력생산 여건이 계속 나빠지고 있다. 이에 따라서 전력생산량은 남한의 70년대 말에서 80년대 초의 수준에 그치고 있다. 또한, 송배전시설의 노후화 및 누전으로 전력 손실이 매우 큰 편이다. 이에 따라 주민들은 스스로 연료를 조달하는 형태로 변하였으며, 일부 경제력을 가진 주민들은 장마당 등에서 연료를 구매하여 사용하고 있는 반면에, 대부분 주민은 극심한 연료난을 겪고 있다. 현재 일반 주민의 경우 하루 평균 3~4시간만 전기를 사용할 수 있을 정도로 극히 열악한 수준이다. 또한, 전국단위의 전력공급망 연결시스템이 거의 붕괴한 상태이기 때문에 현재 대부분 발전소 인근 지역을 중심으로 전력을 공급하는 지역송전체제로 운영되고 있다[8] [9] [10].

### 3.3 신재생에너지 개발 현황

북한은 석탄 화력의 분진으로 인한 환경문제, 계절적 요인에 따른 수력발전 유량의 불규칙성, 전력 송배전망의 노후화 등으로 중앙의 에너지공급능력 회복이 불가능함 따라 지역별 특성에 맞는 신재생에너지를 대안으로 채택하였다. 2014년 북한에서 발표된 신재생에너지 중장기 개발계획에 따르면 연간 이용률을 24.5%로 가정해 400만 kw의 풍력발전소를 가동하면 매년 85.8억kw의 전력생산이 가능하고, 연 289만GWh의 태양광발전에너지를 개발하면 온실가스가 예측치의 50%까지 감소할 것으로 평가되었다. 2015년 7월에는 러시아 극동 최대전력회사인 라오(RAO)극동에너지와 풍력발전단지조성 계약을 체결하여 연해주와 라선시에 40MW급 풍력발전단지를 건설하였다. 또한 몇 년 전부터 북한에서 급증하고 있는 태양광 발전을 위한 패널 설치에 심각한 전력난을 각 가정차원에서 자체적으로 해결하려는 노력의 일환인데, 2015년 북한이 중국으로부터 약 15MW 규모의 태양광 패널 466,248개를 수입하면서 북한 내 약 10만 가구 이상이

태양광 패널을 사용하고 있는 것으로 알려지고 있다. 2020년에는 주택의 50% 정도가 태양광 전력생산 시설을 설치할 정도로 활성화되어 있다. 최근 북한은 국내에 매장된 석탄을 액화하거나 가스화하는 과정에서 촉매를 이용하여 탄소화합물을 생산하고 있다. 이처럼 북한은 부족한 전력을 태양열, 풍력, 바이오, 석탄액화, 지열 등 신재생에너지를 통한 에너지 문제 해결을 시도하고 있기에 신재생에너지 산업의 성장은 지속할 것으로 판단된다[11]. 그러나 이와 같은 북한의 노력에도 불구하고 신재생에너지를 통한 전력개발이 현실적으로 만족스럽지 않은 것은 자본과 기술이 부족하기 때문으로 판단되며, 이를 해결하기 위해서는 외부(특히, 남한)와의 협력을 통하여 관련 전력산업을 개발하는 것이 타당하다고 할 것이다.

## 4. 북한 주민 안전과 경제발전을 위한 신재생에너지의 대안 가능성

### 4.1 신재생에너지를 통한 주민 생활 안전확보 가능성

북한의 경제난은 산림 황폐화, 홍수 등 재해 발생, 주민 생존 위협, 전력생산 차질로 생산 활동 제약 등의 악순환 구조에 처해있다. 이러한 상황에서 주민의 생존과 연계되는 에너지와 식량 조달은 가장 인본적인 문제라고 할 수가 있다. 현실적으로 북한의 산업 활동과 주민 생활에 필요한 전력을 충당하는 방안인 수력 및 화력발전소를 신규 건설하거나 보수를 통한 성능개선 방안은 대규모 자본 투입이 필요하지만 여러 가지 대외적 상황을 고려했을 때 쉽지 않은 것으로 판단된다. 극심한 에너지난에 시달리고 있는 북한으로서는 신재생에너지가 그렇게 높은 기술을 필요로 하는 것은 아니고, 현재와 같이 북한의 전력송전시스템이 지

역별로 고립 운영되는 상황에서 송전시스템을 새로이 설치하지 않아도 되는 태양광 발전을 통한 전력 공급이 주민 생활과 직접 도움이 될 수 있는 현실적인 방안이 될 것이라고 생각된다. 그러나 전력이 절대적으로 부족한 북한에서 신재생에너지가 생활 전력의 대안뿐만 아니라 산업에너지원으로써 경제개발을 추진할 동력이 될 수 있을지에 대해서는 다양한 견해가 있는 바, 북한과 같이 저개발국가가 경제성장과 환경보호를 동시에 달성할 수 있을지에 대해서는 충분한 연구와 논의가 필요할 것으로 사료된다.

#### 4.2 신재생에너지를 통한 개발도상국 발전 가능성 관련 선행연구 검토

에너지 전환 시대를 맞이하여 경제성장이 필요한 저개발국가가 경제성장과 환경보호를 동시에 달성할 수 있을 것인가에 대해서 의문이 있을 수 있다. 따라서 이와 관련된 국내외 실증연구, 사례연구 등을 통해서 개발도상국 혹은 저개발국가의 기후변화대응 추진이 합리적인가에 대한 답을 찾아볼 필요가 있다. 이와 관련한 선행연구에는 긍정 또는 부정측면의 다양한 의견이 표출되고 있는데, 주요 연

구내용을 정리하면 <Table 7>과 같다. 이들의 연구내용을 통해서 신재생에너지는 경제성장과 에너지효율 향상 기술 확보를 통한 탄소배출량 감축을 동시에 도모할 수 있는 방식으로 전개될 수 있음에 확신을 가질 수 있으며 결과적으로 저개발국이나 개발도상국에 이익이 될 수 있음을 확인할 수 있다.

국가의 에너지효율을 제고할 수 있는 기술의 확보와 정부차원의 일관성 있는 정책 의지는 매우 중요하다. 북한의 경우는 탄소 저감 관련 기술이 상당히 미흡하다고 추정되기에 향후 외부 발전된 에너지효율 향상 기술을 받아들여 적용할 경우 개선될 여지가 크다고 판단된다. 북한도 본격적인 개방과 경제회복에 나선다면, 일정기간 온실가스 배출량 증가는 불가피할 수 있으나, 동유럽국가처럼 전환 후 5~10년 사이 점차 안정을 찾을 가능성이 있는데, 그것은 저탄소기술 확보 및 정책과 의지에 달려 있다고 할 수 있다. 북한을 포함한 저개발국가의 경우 경제개발을 본격적으로 진행할 경우 일정 기간 상당량의 탄소 발생이 불가피할 것이나, 정점(최대치)을 넘긴 이후에는 기후변화대응 차원의 신재생에너지를 활용한 지속성장을 적극적으로 추구할 것이라고 생각한다. 그러므로 저개발국가 또한 신재

<Table 7> Possibility of compatibility between economic growth and greenhouse gas emission control

Division	Researcher	Contents
positive opinion	J. A. Sathaye & N.H. Ravindranath(1998) [12]	- A study on the relationship between economic growth and greenhouse gas reduction in developing countries - If energy efficiency is improved and smart forest policies are implemented, it is possible to reduce greenhouse gas emissions without negatively affecting economic growth. It is desirable to improve efficiency and change tax policies rather than increase energy supply.
	M. Grubb, B. Müller, L. Butler(2004) [13]	- A study on the relationship between carbon emissions and GDP in countries transitioning from socialist countries in Eastern Europe to a market economy - It confirmed the fact that it is not impossible for developing countries to pursue the values of economic growth, carbon emission control and environmental protection at the same time.
	L. A. Duguma, S. W. Wambugu, P. A. Minang, M.Van Noordwijk(2014) [14]	- A study that explores the transition conditions that will create synergy between climate change adaptation and mitigation policies in developing countries - Proving that there is a synergistic potential with a relatively higher vulnerability to climate change than income.
	A. Michaelowa & K. Michaelowa(2015) [15]	- A study on whether developing countries are responsible for mitigation of climate change according to the CBDR(Common but Differentiated Responsibility) principle adopted at the United Nations Conference on Environment and Development in Rio. - The dynamics of global international climate negotiations are expected to emerge.
neutral opinion	Stern, N. (2006) [16]	- A Study on the patterns of economic growth and environmental pollution - Economic growth and environmental pollution go hand in hand, but after a certain turning point, an inverted U-shaped time series is shown. The background of EKC's operation is the development of technology, and eco-friendly policies and rising energy prices are the facilitating factors.
negative opinion	Z. Hussein, T. Hertel, A. Golub(2013) [17]	- A study on whether developed countries' climate mitigation policies contribute to poverty reduction in developing countries. However, when forest carbon sequestration projects in developing countries (prevention of deforestation, reforestation, reforestation, etc.)

생에너지로 진행하기 위한 기반 구축이 장기적인 발전의 중요한 조건이 된다고 할 것이다. 결과적으로 장기적인 관점에서 국가차원의 정책 의지가 확고하다면 신재생에너지가 북한의 미래 주요 전력원의 대안으로 충분히 가능성이 있다고 판단된다.

## 5. 북한의 신재생에너지로 대체 가능 전력량 및 가치 추정

### 5.1 신재생에너지 대체 가능 전력량 추정

남한이 북한의 신재생에너지 전력시장 진출 여부를 결정할 때는 북한의 자연재해 상황 대처 및 정치, 경제적 요소를 감안한 신재생에너지로 대체할 수 있는 전력량 및 전력시장 가치를 추정하여 접근할 필요가 있다. 본 논문에서는 황희균(2019)의 연구방식을 참조하여 다음과 같은 절차로 추정하고 있다[18]. 먼저, 북한의 일정 기간의 평균 전력소비량에 해당하는 우리나라의 시점을 정한 후, 그 시점에서의 우리나라 소비량과 현재 시점의 북한 전력소비량과의 차이를 부족한 전력량으로 계산하고, 그 수치를 신재생에너지로 대체할 규모로 추정한다. 본 논문에서는 북한의 2020년 이후의 공식적인 자료가 없기에 2019년을 현재 시점으로 가정하여 부족한 전력의 규모를 계산하고

이를 신재생에너지로 대체하였을 경우를 고려하였다. 북한의 경제가 1970년 이후 현재까지 성장이 정체되어 있기 때문에 그 기간에 해당하는 평균 전기사용량을 구하여 그와 비슷한 사용량을 갖는 남한의 해당연도의 1인당 전기사용량에 2019년 현재 북한 인구를 곱하면 현재 필요한 전력량이 된다. 그리고 2019년 현재 북한의 실제 1인당 전기사용량과 필요한 전력량의 차이를 구하면 부족한 전력량이 된다. 이와 같은 방식으로 접근하면 1971년 이후 2019년까지 북한의 평균 1인당 전력소비량은 885.1KWh로 산출되며, 이는 <Table 8>에서 보듯이 남한의 1980년 수준에 해당한다. 그리고 GNP 등 대외에 알려진 각종 수치에 의하면 북한의 생활 수준 또한 남한의 1980년도 수준에 해당하는 것으로 알려져 있기에 적용하기가 타당하다.

이에 남한의 1980년의 1인당 전력소비량 859KWh를 기준으로 하여 2019년 현재 북한의 전력 부족량을 계산하고자 한다. <Table 9>의 (C, d)와 같이 2019년 기준으로 북한 주민(25,666천명)의 생활을 1980년도의 남한 생활기준으로 유지하기 위해서 필요한 전력량은 약 220억KWh로 계산된다. 북한의 2019년 현재 전력사용량은 115억KWh이므로 부족한 전력량은 105억KWh이다. 따라서 부족한 전력량 105억KWh는 기존 발전소를 통해 생산하지 않고 신재생에너지로 대체하여 생산해야만 하는 전력량이 된다. 참고로 <Table 9>의 (B, e)와 같이 북한의 2019년 여유전력이 123억KWh로 충분한 전력생산량

<Table 8> South Korea Electricity Consumption by Year

Year	1971	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020
total power consumption (GWh)	8,883	16,630	32,734	50,733	94,313	163,270	239,535	332,413	434,163	483,655	520,449	509,269
Power consumption per person (KWh)	296	401	859	1,243	2,202	3,640	5,067	6,883	8,883	9,555	10,039	9,826

Source: Statistics Korea, Korea Electric Power Corporation, 「Korea Electric Power Statistics」

<Table 9> Calculation of power shortage in North Korea

Division	South Korea(1980) (A)	North Korea(2019)		
		Current Status (B)	required amount (based South Korea) (C)	insufficient amount (D=C-B)
power production (a)	37.2 billion KWh	23.8 billion KWh	23.8 billion KWh	-
power consumption per person (b)	859 KWh	446 KWh	859 KWh	413 KWh
population (c)	37,496,815	25,666,000	25,666,000	-
total power demand (d=b*c)	32.2 billion KWh	11.5 billion KWh	22.0 billion KWh	10.5 billion KWh
spare power (e=a-d)	+5.0 billion KWh	+12.3 billion KWh	+1.8 billion KWh	-

Source: Statistics Korea

임에도 불구하고 1인당 446KWh만을 소비하고 있는 것은 앞서 '3.2 전력생산량 증가 한계'에서 보듯이 전력송전 손실과 누전에 따른 영향이 크기 때문으로 해석할 수 있다. 이를 통해서도 북한 전력공급체계가 무너져있음을 알 수 있다.

## 5.2 북한 부족전력량의 신재생에너지 대체 가치

### 5.2.1 2019년 기준 부족전력량의 시장가치 산출

2019년 기준 북한의 부족전력량 105억KWh는 앞서 언급한 바와 같이 대규모 자본이 투자되는 전력시설을 건설해서 공급하기는 어렵기 때문에 태양광 등 신재생에너지로 생산하여 공급하는 것이 타당할 것으로 판단한다. 그러하기에 기존 전력생산량 이외에 추가 필요량에 대해서는 남한이 신재생에너지 사업 진출로 선점하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 만약 이를 국가사업차원에서 체계적이며 계획적으로 추진할 수 있다면 북한의 부족전력량에 대한 시장가치는 <Table 10>의 2019년 전력판매단가(109원/KWh)를 적용하더라도 약 1조 1,445억 원 규모로 추정된다. 비록, 2019년 기준으로 북한이 추가로 필요로 하는 105억KWh는 남한의 전력생산량의 1.81% 정도로 미미한 수준이지만 해당 전력을 신재생에너지로 공급하여 활용할 경우 북한 주민의 생활여건 개선 효과는 매우 크다고 할 것이다.

### 5.1.2 북한 전체전력 시장 규모

<Table 6>에서 살펴본 북한의 2019년도 총 전력생산량(238억KWh)은 <Table 11>의 남한의 2014년도 신재

생에너지 전력생산량(270억 KWh)에도 못 미치고 있다. 그 이후부터는 남한의 신재생에너지 발전량이 북한 전체 전력생산량을 앞서고 있으며 앞으로도 그 차이는 점점 더 벌어질 것으로 생각된다. 따라서 향후 북한이 남한의 경제 발전모델을 벤치마킹 삼아 경제 발전을 도모한다고 가정할 때, 북한 사회가 고도로 발전하기 이전의 일정 시기까지는 신재생에너지로 부족한 전력을 보충해야 함을 확인할 수 있는데, 이러한 경우 북한 전체의 전력시장 규모는 남한의 진출에 의해 확보 가능한 신재생에너지 전력시장 규모가 될 수 있다고 해석할 수 있다.

## 6. 결론

신재생에너지가 미래 에너지원으로 전환되는 상황에서 우리나라는 전력수요증가의 한계로 인해 해외전력시장 확보가 필요한 상황이다. 북한 또한, 국제제재 등으로 인하여 전력이 부족한 상황에서 자체 생산이 가능한 신재생에너지를 활용하여 전력을 생산하는 것을 현실적인 대안으로 추진하고 있다고 평가된다. 그리고 북한 주민으로서 식량 조달과 에너지 조달은 생존 문제이기에 이를 해결하는 과정에서 자연훼손을 최소로 하며 자연재해로부터 자신들의 생명을 안전하게 지킬 수 있는 대안으로서 태양광을 활용한 전력생산이 매우 필요하다고 생각된다. 이와 같은 상황을 고려하면 남한의 대 북한 신재생에너지 시장 및 산업의 진출은 두 체제의 상호이익이 될 수 있다고 생각된다. 뿐만 아니라 저개발국가인 북한이 일관된 신재생에너지 정책의 수립 및 추진을 통해 4차 산업혁명 사회로의 진입 및 발전이 가능하도록 남한이 지원한다는 측면에서도 긍정적인 의미가 있다고 판단된다.

본 논문에서는 북한의 발전과 주민 안전 확보 및 삶의

<Table 10> Unit price of electricity sales in South Korea

Division	1971	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020
unit price (won/KWh)	6	17	51	68	53	65	75	74	86	112	109	110

Source: Statistics Korea, Korea Electric Power Corporation, 「Korea Electric Power Statistics」

<Table 11> South Korea New and Renewable Energy Generation and Generation Ratio by Year

Division	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
total power generation (GWh)	532,214	543,161	546,387	561,224	562,219	578,013	594,586	579,937	589,148
New/renewable energy generation (GWh)	19,522	21,500	27,020	37,329	41,049	47,305	53,665	52,289	43,062
Renewable energy generation rate (%)	3.67	3.96	4.95	6.65	7.30	8.18	9.03	8.88	7.43

Source : Korea Energy Corporation New and Renewable Energy Center, 「Renewable Energy Supply Statistics」 Each year



질 향상을 위한 대안으로써 신재생에너지의 가치를 확인 하였으며, 그러한 관점에서 북한의 신재생에너지 전력으로 대체할 수 있는 전력량 및 가치도 산정하였다. 이를 통해서 미래의 북한 신재생에너지 전력시장의 규모뿐만 아니라 경제성을 평가할 수 기준을 마련할 수 있었다는데 본 연구의 의미가 있다. 향후 북한 신재생에너지 시장의 활성화가 남한에게는 새로운 전력시장 진출의 장으로서, 북한에게는 경제발전을 위한 원동력으로 남·북한 모두에게 이익을 줄 것이지만, 그러한 관점에 앞서 북한 주민 생활과 생명의 안전이 더 우선함을 인식하는 것이 중요하다고 할 것이다.

## 7. References

- [1] S. I. Bae(2010), "Evaluation of the possibility of cooperation in South and North Korean energy sector-new & renewable energy." *North Korean Studies Review*, 14(1):59-90.
- [2] S. K. Yoon(2022), "A discourse analysis on renewable energy in North Korea and policy implications for the inter-Korean cooperation." Master's thesis, Seoul University.
- [3] S. J. Kim, H. J. Han, B. R. Park(2021, July), A study on inter-Korean climate development cooperation for carbon neutrality on the Korean Peninsula. Korea Environment Institute.
- [4] J. Y. Shin(2022), "(A) study on the cooperation plan for North Korea's power infrastructure in climate change response: Focusing on development cooperation of SDGs implementation." Doctoral dissertation, Chungang University.
- [5] S. Y. Park, B. J. Kim, S. H. Ahn(2010), "Characteristics of natural disaster in North Korea." *Korean Society of Disaster & Security*, 10(3): 21-29.
- [6] K. S. Park, S. Y. Park(2012), "The rehabilitation of North Korea's devastated forest with focus on the case of South Korea." *North Korean Studies*, 8(1):133-159.
- [7] D. J. Jeon, I. J. Kim(2021), Assessing the impacts of reforestation and climate change on water management in DPR Korea (III). Korea Environment Institute, Climate and Environmental Policy Research.
- [8] S. J. Hong(2019), "(A) study on the utilization of thermal power plant in the unified Korean peninsula." Master's thesis, Chungang University.
- [9] D. J. Kwak(2018, September), "North Korea's energy and electricity status and north-south cooperation direction in the solar energy field, monthly KIET industry economy." Korea Institute for Industrial Economics & Trade, pp. 18-27.
- [10] M. J. Park(2021), "Re-construction of people-electric power network and socio-technical changes in North Korea." *North Korean Studies Review*, 25(2):41-77. doi: 10.22872/kanks.2021.25.2.002
- [11] M. H. Jo, K. J. Jung(2020), "North Korean energy industry status and structural improvement plan." *Journal of North Korea Studies*, 6(2):117-149. doi: 10.34266/jnks.2020.6.2.117
- [12] J. A. Sathaye, N. H. Ravindranath(1998), "Climate change mitigation in the energy and forestry sectors of developing countries." *Annual Review of Energy and the Environment*, 23:387-437. doi: 10.1146/annurev.energy.23.1.387
- [13] M. Grubb, B. Muller, L. Butler(2004), The relationship between carbon dioxide emissions and economic growth, Oxbridge study on CO2-GDP relationships, Phase 1 results. University of Cambridge.
- [14] L. A. Duguma, S. W. Wambugu, P. A. Minang, M. Van Noordwijk(2014), "A systematic analysis of enabling conditions for synergy between climate change mitigation and adaptation measures in developing countries." *Environmental Science & Policy*, 42:138 - 148. doi: 10.1016/j.envsci.2014.06.003
- [15] A. Michaelowa, K. Michaelowa(2015), "Do rapidly developing countries take up new responsibilities for climate change mitigation." *Climatic Change*, 133:499 - 510.
- [16] N. Stern(2006), "What is the economic of climate change?" *World Economics*, 7(2):1-10.
- [17] Z. Hussein, T. Hertel, A. Golub(2013), "Climate change mitigation policies and poverty in developing countries." *Environmental Research Letters*, 8(2013): 035009. doi: 10.1088/1748-9326/8/3/035009
- [18] H. K. Hwang(2019), "A study on the estimation of power demand in North Korea." Master's thesis, Korea University.
- [19] <https://www.law.go.kr>

## 저자 소개



### 장 형 식

한양대학교 산업공학과 학사, 석사를 취득하고  
현재 남서울대학교 박사과정 재학 중.

한국전력기술(주) 재직 중이며, UAE 원전 아  
부다비 지사장, 감사실장, 교육원장 역임.

관심분야 : 신재생에너지, 전력 Mix, Super  
Grid 등

주소 : 충남 천안시 서북구 성환읍 대학로 91



### 구 일 섭

인하대학교 산업공학과 학사, 석사 및 박사학  
위 취득.

현재 남서울대학교 빅데이터경영공학과  
정교수 재직 중.

관심분야 : 품질경영, 생산경영, 제조혁신 등  
주소 : 충남 천안시 서북구 성환읍 대학로 91