
시나리오를 이용한 과학기술예측조사의 정책 활용도 제고에 관한 연구 : 신재생에너지 시나리오

임현* · 한종민** · 손석호*** · 황기하****

<목 차>

- I. 서 론
- II. 전략적 예측으로서 시나리오
- III. 시나리오 방법론
- IV. 향후 개선방안

국문초록 : 21세기 지식기반사회에서 기술 발전 속도는 가속화되고 있으며 조직 목표를 달성하는데 영향을 줄 수 있는 시장, 거버넌스 및 사회적 가치의 미래 모습에 대한 불확실성이 증대하고 있다. 이러한 기술과 사회 발전의 가속화 및 증가하는 불확실성에 대응하기 위해서 다양한 미래사회 전망을 바탕으로 미래유망기술을 도출하는 기술예측의 필요성은 더욱 중요해지고 있다. 기술예측에는 다양한 예측 방법론이 이용 가능하나 예측의 목적 및 재원 등에 따라 선택되어야 한다. 델파이 방법이 오랫동안 주로 사용되어 왔지만 최근에는 시나리오 또한 많이 활용되고 있다. 시나리오는 사회, 경제 및 정치 등의 환경요인의 복잡성과 불확실성을 폭넓게 고려할 수 있으며 미래의 다양한 모습을 이야기 식으로 전달하기 때문에 매우 효과적인 전략적 도구로 활용된다.

전 세계적으로 진행되고 있는 기후변화, 화석연료의 고갈 등으로 세계 각국은 신재생에너

* 한국과학기술기획평가원 연구위원 (hyim@kistep.re.kr)

** 한국과학기술기획평가원 부연구위원 (allbible@kistep.re.kr)

*** 한국과학기술기획평가원 부연구위원 (shson@kistep.re.kr)

**** 한국과학기술기획평가원 부연구위원 (dragonfox@kistep.re.kr)

지에 대한 높은 관심을 갖고 기술개발 및 보급 등을 적극적으로 추진하고 있다. 하지만 신재생에너지 분야의 가용잠재량은 지역적으로 큰 편차가 있으며 기술적 진보, 환경규제 및 화석연료의 가격전개와 밀접하게 연관되어 있어 그 발전추이를 예측하기 어려운 면이 있다. 이에 본 연구는 이러한 불확실성을 반영하여 신재생에너지 분야에 대한 다양한 미래 시나리오를 작성하고 시사점을 도출하였다. 향후 본 연구의 시나리오 기반의 예측 프로세스를 국가과학기술예측에 활용함으로써, 기존의 델파이 위주의 단정적 예측의 단점을 보완한 전략적 예측을 강화할 수 있을 것으로 전망된다.

주제어 : 기술예측, 시나리오, 전략적 예측, 불확실성, 신재생에너지

A Study on the Improvement of the Policy Utilization of Technology Foresight Using a Scenario : Renewable Energy Scenario

Hyun Yim · Jongmin Han · Seok-Ho Son · Kiha Hwang

Abstract : The creation and acceptance of new technologies has been speeding up dramatically in modern times. There are also significant uncertainties about the future shape of markets, governance and social values that will have an important impact on organizations and their capacity to meet their objectives. These rapid technological and social change and uncertainties make the upsurge of interest in technology foresight, giving rise to its emergence as a global concept and policy tool.

A wide range of future methods are available for technology foresight. Selection of methods will depend upon several factors, most notably available and the time financial resources, and the objectives of the exercise. Although Delphi has been widely used for many years, scenario becomes very popular in recent years. The use of scenarios can take better account of the complexity and unpredictability of the economic, social and political environments. Scenarios tell the stories describing paths to different futures, which help organizations make better decisions today.

In this study, the scenario method was employed to draw the images of the future of renewable energy. Renewable energy grows dramatically in recent years. However, there is still considerable uncertainty with regard to the potential of renewable energy due to environment regulation, energy costs, and political and economic developments in the main supplier countries for oil and natural gas. Scenario can help us to identify the risks and opportunities when we develop the renewable energy, and to prepare for them. The scenario method is expected to be more utilized in the national technology foresight.

Key Words : Technology Foresight, Scenario, Strategic Foresight, Uncertainty, Renewable Energy

I. 서 론

최근 들어 과학기술의 발전 속도가 가속화되고 있으며 불확실성도 증대하고 있다. 이러한 과학기술 환경변화에 능동적이고 효과적으로 대응하기 위해 전략적 중장기 과학기술예측이 더욱 중요해지고 있다. 이는 미래사회 환경변화를 고려하여 기술의 발전 속도와 방향 및 범위 등에 대한 합리적 전망을 제시하는 과학기술예측활동이 국가R&D 기획에서 더욱 중요해지고 있기 때문이다.

세계 주요국은 국가차원의 과학기술예측 활동을 지원하고 있으며 그 결과를 경제·사회적 수요에의 대응과 전략적 기술기획 및 연구개발 등 다양한 분야의 기초 자료로서 활용하고 있다. 우리나라의 경우도 지난 1994년과 1999년에 각각 제1회 및 제2회 과학기술예측조사를 국가적 차원에서 실시한 바 있으며, 2005년에는 ‘과학기술예측(2005~2030): 미래사회 전망과 한국의 과학기술’이란 제목으로 제3회 과학기술예측조사를 실시한 바 있다. 또한 2008년도에는 제3회 과학기술예측조사 수정·보완 사업을 수행하여 그 결과를 과학기술기본계획에 반영하여, 과학기술예측조사와 국가R&D 기획과의 연계를 강화하는 계기를 만들었다.

현재까지 우리나라에서 3회에 걸쳐 수행된 과학기술예측은 델파이 방법을 중심으로 실시되어왔다. 델파이 방법은 중장기적 예측에 있어 주어진 정보가 많지 않을 때 전문가들의 지식과 식견을 토대로 한 미래 전망에 유용한 방법인 것이 사실이다. 하지만, 델파이 방법과 같이 미래기술 발전을 한 방향으로만 제시하는 단정적 예측은 미래가 지닌 불확실성과 더불어 이에 따른 다양한 기회와 위협에 대한 체계적 분석과 대응방안 수립에 한계가 있다. 이로 인해 세계 주요 선진국을 중심으로 다양한 미래사회 모습을 전망하고 이들 각각에 대한 대응 전략을 수립하는 시나리오 기반의 전략적 예측 방법론의 개발과 적용이 지속적으로 진행되어 오고 있다.

전 세계적인 지구온난화에 따른 기후변화, 화석연료의 급격한 수요증가에 따른 수급 불균형, 에너지 안보 문제, 그리고 기술혁신에 대한 경제적 압력으로 세계 각국은 신재생에너지 분야에 대한 관심 고조에 따라 기술개발 및 보급, 그리고 관련 시장 선점을 위한 노력을 더욱 강화하고 있다. 신재생에너지 분야 시장은 이미 전 세계적으로 높은 성장률을 기록하고 있으며, 법적·제도적으로도 장려되고 있다. 하지만 아직 신재생에너지의 발전에 대한 상당한 불확실성이 존재한다. 바이오매스, 풍력, 수력, 지열 및 태양광 등의 신재생에너지 분야의 가용잠재량이 지역적으로 큰 편차가 있으며, 때로는 신재생에너

지의 개발이 초래할 수 있는 환경파괴 가능성에 대한 많은 논의를 유발시키기도 한다. 또한 신재생에너지의 발전은 기술적 진보, 환경규제 및 화석연료의 가격 변화에 따라 서로 복잡하게 영향을 미치기 때문에 불확실성 요인을 정확하게 파악하고 예측하기가 어렵다. 이것들은 앞으로 신재생에너지 분야의 발전을 더욱 강화시킬 수 있으나 또한 심각하게 약화시킬 수 있는 가능성을 지니고 있다.

이에 본 연구는 이러한 불확실성을 고려하여 신재생에너지 분야의 2030년경의 다양한 미래 모습을 그려보고 이에 대한 대응방안을 마련하고자 시나리오 플래닝 기법을 도입하였다. 특히, 지금까지의 텔파이 위주의 단정적 미래예측에서 벗어나 시나리오 기반의 전략적 예측 방법론 및 프로세스 개발을 모색하였으며 향후 국가 과학기술예측조사에서 활용하기 위한 개선방안을 제시하였다.

II. 전략적 예측으로서 시나리오

1. 시나리오의 기원과 역사

시나리오는 제 2차 세계대전 당시 미 공군에서 적군의 행동을 예측하고 이에 대처할 수 있는 전략을 세우기 위한 일종의 군사 계획으로 사용되었다. 일반적으로 현대적인 시나리오의 시발점은 허만 칸(Herman Kahn)과 랜드연구소(Rand Corporation)로 보고 있다. 허만 칸은 시나리오 기법을 개발하고 그것에 ‘퓨처-나우(future-now) 씽킹’이라는 이름을 붙여 1950년대 랜드연구소에서 실행한 군사 전략 연구의 일부로 활용하였다. 그는 1960년대 중반에 허드슨연구소(Hudson Institute)를 설립하고, 시나리오의 적용 범위를 군사전략 분야에서 미국의 대중 정책, 국제 개발, 비즈니스 전략 수립 등 다른 분야들로 확장시켰다. 이후 1970년대에는 로열 더치셸(Royal Dutch/shell Group) 등의 기업들과 SRI 인터내셔널(SRI International), 바텔(Batelle)과 같은 컨설팅회사들이 기업의 경영전략 및 전략기획 컨설팅 방법론의 하나로 시나리오를 채택하였다. 이를 통해 시나리오 플래닝은 전략 수립과 더욱 밀접하게 연결되기 시작했다.

석유회사인 로열 더치셸은 기업 차원에서 시나리오를 전략개발 도구로 폭넓게 활용한 최초의 사례로 볼 수 있다. 1970년대 석유시장은 유가 안정이 지속될 것이라는 시각이 주류였다. 반면 당시 로열 더치셸의 그룹기획부서에 근무하고 있던 기획 전문가인 피에

르 왁(Pierre Wack)은 석유수출국기구(OPEC)으로 인한 석유과동 촉발 가능성을 예측했다. 이러한 예측은 시나리오를 통해 경영층에 사업방식의 전환과 대응을 준비하도록 하였다. 마침내 1973년 10월 이집트와 시리아의 동맹세력과 이스라엘 사이에 발생한 욘키푸르전쟁(Yom Kippur war, '제4차 중동전쟁')에 이어 전세계적인 석유 파동이 발생하였으며, 이 과정속에서 셸은 효율적이고 신속한 대응을 통해 글로벌 메이저석유회사들 중 2위로 급부상하게 된다.

셸이 시나리오 플래닝 기법으로 성공을 거두었다는 점과 더불어 스탠포드연구소와 허드슨연구소와 같은 조직들을 통해 시나리오 플래닝은 기업으로 더욱 폭넓게 확산되기 시작하였다. 이로 인해 1970년대에는 포춘 선정 1000대 기업들 내의 상당수 기업들이 시나리오를 활용하게 되었다. 더불어 여러 나라 국가기관들이 미래연구를 강화하기 시작했으며, 스웨덴 미래연구국 등에서는 시나리오 플래닝을 미래연구의 도구로 활용하게 되었다.

그러나 1970년대 중후반의 석유위기와 경기침체를 거치면서 기업내 지원의 축소, 과도하게 단순화된 시나리오에 대한 비판, 시나리오를 예측과 동일시하는 기업내 경직된 습관으로 시나리오 플래닝은 침체기를 겪게 된다. 이후 1980년대 '기획의 위기(planning crisis)'를 거치면서 미래에 대한 관심 증폭으로 다수의 컨설팅회사들이 시나리오 플래닝 기법들을 새롭게 개발하였다. 특히 1990년대를 지나 21세기에 접어들면서 경영환경의 불확실성은 더욱 증폭되고 있다. 이에 국가 차원의 전략 수립뿐만 아니라 기업들은 미래 불확실성에 대한 대응과 위기관리를 위해 시나리오 플래닝 기법을 폭넓게 활용하고 있다. 시나리오 플래닝을 채택하는 일본의 기업도 이 시기 이후 계속 늘어나고 있다. 즉, 한 기업의 노력만으로 통제할 수 없는 환경영향 인자를 솔직히 받아들이고 이에 대해 적절히 대응할 필요가 있다고 판단한 것이다. 1999년 파산지경에 이르렀던 닛산 자동차의 카를로스 곤 당시 사장이 시나리오 플래닝 도입을 통해 위기를 성공적으로 탈출한 사례는 매우 잘 알려져 있다. 그는 2000년 신3개년 계획을 통해 다음과 같이 선언하였다.

「『닛산 180¹⁾』에서는 100엔의 가치가 1달러이고, 일본시장은 5퍼센트 하락한다고 보고 있다. 닛산의 입장에서는 가장 나쁜 시나리오지만 이러한 상황에서 성장할 수 있어야 한다.'

카를로스 곤은 시나리오 플래닝 도입을 통해 닛산은 빠르게 위기를 극복하고 2004년

1) 180의 의미는 '1'은 세계 시장에서 판매할 자동차 수, '8'은 연속 영업이익률 8%, '0'은 부채율임.

최고의 실적을 달성하게 된다.

우리나라의 경우를 살펴보면, 최근 SK그룹은 계열사별 시나리오 플래닝 체계를 구축 하도록 했으며, 주요계열사인 SK에너지, 텔레콤, 네트워크 등은 사업부 단위까지 자세한 시나리오와 대응방법을 구상해 놓았다. 이처럼 국내에서도 기업 등에서 자체적 또는 컨설팅 회사들을 통해 시나리오 플래닝 활용이 더욱 증가하고 있다.

2. 국가전략 수립에서 시나리오 방법론 의의

미래사회의 모습은 경제, 기술, 정치, 사회, 환경 등 다양한 미래사회 변화요인의 상호 작용에 의해서 결정된다. 따라서 이러한 변화요인을 파악하고 통합적으로 이해하는 것이 미래예측의 핵심이며 이를 위해 다양한 이해당사자가 참여하여 서로의 의견을 공유하고 소통하는 과정이 필요하다. 시나리오는 다양한 이해당사자의 의사소통을 증진시키고 통합된 의견을 도출하는데 있어 매우 효과적인 도구로 국가전략 수립 시 유용하게 활용될 수 있다.

시나리오 플래닝을 국가전략 수립에 도입한 사례는 쉽게 찾을 수 있다. 1990년 초 독일의 슈투트가르트 지방의 통합적 도시계획을 위해 향후 주변환경이 어떻게 변화할 것인가를 현재추세 시나리오, 도심고밀개발 시나리오, 분산개발 시나리오 등으로 구분하여 전략을 수립한 사례가 있다. 2006년 초 EU 집행위원회에서 발표한 2020년 유럽 농업·농촌에 변화를 가져올 동인과 미래 동향을 찾아내고 정책개혁의 필요성을 진단한 사례²⁾도 있다. 영국의 1, 2회 과학기술예측조사는 OST(Office of Science and Technology) 주관 하에 과학기술 전 범위에 대해서 실시되었으나, 2002년부터 시작한 3회 예측조사에서는 모든 기술 분야를 다루기보다는 몇몇 특정 분야를 집중하여 다루고 있다. 매년 과학기술이 주요 동인으로 작동하는 3~4개의 주제를 선정하여 사회 변화에 대한 심층적인 분석을 내놓고 있다. 이러한 분석을 위해 시나리오 방법론이 많이 활용되고 있으며 심도 있는 정책적 시사점을 제시하여 높은 평가를 받고 있다.

남아공에서 1991년 9월부터 1992년 12월에 수행했던 Mont Fleur Project는 국가전략 수립시 시나리오가 효과적인 의사소통 도구로 활용될 수 있음을 보여주는 좋은 예이다. Mont Fleur Project가 의미 있는 것은 그 시나리오 자체가 획기적인 생각을 담고 있거나 확실한 국가의 미래 비전을 담고 있기 때문이 아니라 시나리오 방법론에 의해 공통의 언

2) Scenar 2020 : Scenario study on agriculture and the rural world.

어와 이해의 기반을 만드는데 기여를 했다는 점이다. 참석자 모두 ‘남아공의 미래’라는 공통의 관심사를 통해 서로 공감대를 갖게 했으며 이러한 과정은 국내의 갈등을 안정시키고 정치인, 전문가, 지식인 등 국민 간 미래에 대한 시각 차이를 좁혀주는 역할을 하였다.

치열한 경쟁과 급속한 변화의 시대에 과학기술은 경제사회적 발전을 위해 더 중요해지고 있으며 국가전략 수립 시 고려해야 할 가장 중요한 사항이 되고 있다. 과학기술은 환경, 불평등, 실업 등의 사회적 요소와 밀접하게 연관되어 있으며 이의 복잡성도 더욱 증가하고 있다. 따라서 과학기술예측의 역할도 단순히 미래유망기술 발굴에서 벗어나 정책 조정 수단의 제공과 실행을 통해 시스템 내 행위자 사이의 의사소통을 촉진시키는 기능을 해야 한다.

Martin과 Johnston³⁾은 “기술예측은 국가혁신체제 내의 통합과 연계를 강화하는 수단을 제공함으로써 지식이 구성 행위자들 간에 보다 자유롭게 유통되도록 하고, 이를 통해 전체 시스템은 좀 더 효율적인 학습과 혁신 조직이 될 수 있다.”고 주장하였다. 과학기술을 효과적으로 활용하기 위해서는 산업계와 대학, 정부연구기관 사이에 효율적 네트워크 형성 및 이를 강화하기 위한 과학기술예측조사가 필요하다. 이런 맥락에서 시나리오 기반의 과학기술예측조사는 국가 내 이해당사자 사이의 소통을 증진시키고, 효과적인 협력과 정책 수단을 연계할 수 있는 프로세스를 제공한다.

Ⅲ. 시나리오 방법론

1. 추진 프로세스

시나리오란 미래에 일어날 수 있는 여러 가지 상황을 연극의 대본처럼 ‘스토리’ 형식으로 전달하여 다양한 미래의 모습을 명료하게 이해하도록 도와주는 예측기법으로 연극 혹은 영화에서처럼 줄거리와 극적인 요소를 가지고 이를 의사결정자에게 전달할 수 있어야 한다. 시나리오는 복잡한 요인들이 얽힌 미래의 모습에서 이해당사자, 변화요인, 우리의 잠재력 등이 서로 어떻게 영향을 미치는지를 쉽게 이해할 수 있도록 도와주는 효과

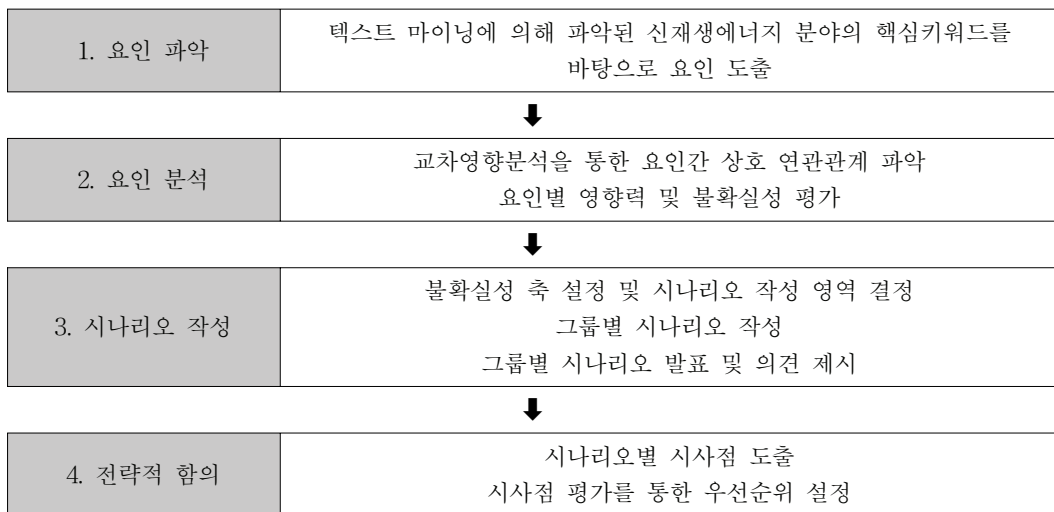
3) Martin, B. and Johnston, R. (1999), “Technology Foresight for Wiring up the National Innovation System. Experiences in Britain, Australia, and New Zealand”, *Technological Forecasting and Social Change* Vol. 60, pp. 37-54.

적인 전략적 도구로 활용되고 있다.

세계 주요 예측기관에서는 시나리오 도출 프로세스를 다양한 명칭과 방식으로 활용하고 있으나 기본적인 접근방식은 유사하다. 미국 바텔의 BASIC과 프랑스의 MICMAC에서는 시나리오를 작성하는데 컴퓨터 프로그램을 이용한 정량적 방법을 활용한 반면에, 전문가 워크숍과 같은 정성적인 방법을 활용하여 시나리오를 작성하기도 한다. 이중 전세계적으로 가장 많이 활용되고 있는 시나리오 작성 방법은 셸과 SRI 인터넷서널에 의해 개발된 “Intuitive Logics Approach”로 참여자의 직관과 창의적 아이디어를 기반으로 하고 있다.

본 연구에서는 “Intuitive Logics Approach”에 기반한 4단계 시나리오 프로세스를 수립하였다. 4단계 프로세스는 요인 파악, 요인 분석, 시나리오 작성 및 전략적 함의로 구성되며 텍스트 마이닝 기법, 네트워크 분석, 미래 수레바퀴 방법(Futures Wheel) 등의 다양한 방법을 시나리오 워크숍과 결합한 방법론을 활용하였다. 시나리오 워크숍에서 기술 전문가, 인문·사회 분야 전문가, 시민운동가 등의 다양한 분야의 전문가가 참여하여 논의와 합의를 통하여 결론을 도출하도록 하였다. 이러한 프로세스 하에서 2030년경 우리나라 신재생에너지 분야의 시나리오를 도출하였다.

<그림 1> 시나리오 도출 프로세스

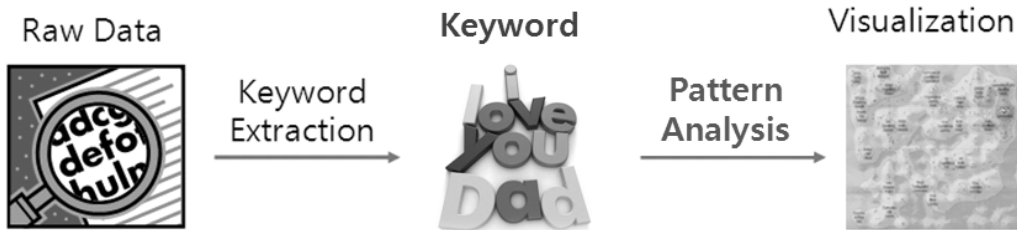


2. 추진 프로세스

2.1 요인 파악

먼저, 텍스트 마이닝(text mining) 기법을 활용하여 문헌과 URL상의 빈도수 분석을 토대로 신재생에너지 분야의 주요 키워드를 도출하였다. 텍스트 마이닝은 비구조적인 자료에서 의미 있는 패턴과 정보를 추출하는 유용한 도구이다. 사전적으로는 “많은 양의 문서 자료에서 의미 있는 정보를 추출하거나 분석하여 지식을 발견하는 프로세스”로 정의할 수 있다. 텍스트 마이닝 시스템은 원하는 정보와 문서의 종류에 따라 다양하지만, 일반적인 구조는 다음과 같다.

<그림 2> 텍스트 마이닝 시스템의 기본 구조



먼저, 비구조적인 문서에서 다양한 방법들을 통해 핵심 단어를 추출하고 추출된 핵심 단어사이에서 숨겨진 패턴을 분석하여 시각화 한다. 대량의 문서를 검색, 요약, 분석할 수 있으며, 의미 기반의 추론과 특정 주체에 대한 문서 분석도 가능하다. 인터넷 분야에서는 데이터 마이닝 기법을 이용한 검색엔진, 웹2.0에 필요한 검색시스템 등으로 발전하였으며, 일반적인 분야에서는 특허분석과 같은 곳에서 응용되고 있다.

본 연구에서는 주요 문헌과 인터넷 사이트상에서 핵심 키워드를 찾아보았다. 먼저 신재생에너지 관련 문헌에서 단어 분석 소프트웨어를 활용하여 단어의 빈도수를 분석한 뒤 높은 빈도수의 주요 단어를 도출하였다. 본 연구에서 사용된 단어 분석 소프트웨어의 경우 각 단어의 빈도수만 분석이 가능하기 때문에 추출된 단어별 빈도수 결과를 토대로 전문가들의 협의를 통해 주요 키워드를 생성하였다. 생성된 주요 키워드에 대한 주요 인터넷 사이트상에서의 분포를 조사하기 위해서 웹 크롤러(web crawler) 프로그램을 사용하였다. 문헌과 인터넷 상에서 조사된 키워드의 분포 결과에 의하면 신재생에너지, 화석연료, 에너지 효율, 기후변화, 연료전지, 풍력 등의 키워드의 빈도수가 높은 것으로 파악

되었다. 시나리오 워크숍 참여자는 문헌과 인터넷 상에서 도출된 키워드를 바탕으로 STEEP 분석⁴⁾에 따른 한국적 상황을 고려한 신재생에너지 분야의 주요 요인을 도출하였다.

<표 1> 신재생에너지 분야의 주요 요인

분야	번호	요인
사회	1	인구증감 및 구조 변화에 의한 에너지 수요 변화
	2	청정에너지 사용에 대한 국민의식 및 에너지 시민운동(의식고취)
	3	사회 시스템 변화(도시화, 교육여건 변화 등의 영향으로 도시집중형 사회 or 지방분권형 사회)
	4	재생기술의 사회적 수용성
	5	원자력에 대한 국민 인식 변화 (고준위 폐기장 등)
기술	6	경제성 있는 신재생에너지 제조, 보급 및 이용 기술 발전 정도
	7	화석연료 탐사 및 채굴 기술 발전
	8	핵융합 및 원자력 등 기술 발전 및 확산
	9	에너지 효율 향상
	10	Clean Coal 기술진보
경제	11	세계 경기 동향
	12	화석연료 부존량 및 화석연료 가격 변화
	13	산업구조의 변화
	14	에너지원별 상대가격
	15	신재생에너지 분야의 고용창출
	16	소비구조의 변화
	17	CDM시장/탄소 배출권 거래
	18	부동산 가격
	19	석유메이저기업의 지배구조
환경	20	기후변화 및 그 파급효과
	21	대기오염 및 친환경 제품 사용에 대한 환경규제
	22	한국 신재생에너지 생산 여건 및 특수성
정치	23	기후변화 등의 국제 협약
	24	자원 민족주의
	25	국내외 신재생에너지를 포함한 에너지·환경 지원 정책
	26	환경정당의 출현
	27	원자력에너지의 충분한 평화적 이용권 확보
	28	바이오매스와 같은 해외 신재생에너지 공급원 확보
	29	세계 정치구조 개편
	30	화석연료 공급원 확보

4) 거시적 환경에서 영향을 미치는 요인을 사회(Society), 기술(Technology), 경제(Economics), 생태(Ecology), 정치(Politics)로 구분하여 분석하는 방법

2.2 네트워크 분석을 활용한 요인 분석

사회연결망 또는 연결망으로 알려진 소셜 네트워크(social network)는 일련의 관계에 의해 모인 구성원들 간의 관계망을 지칭한다. 네트워크 분석(network analysis)의 기본 단위인 네트워크 구성원들은 개인, 기업, 단체, 국가 등을 포함할 수 있고, 그들 간의 네트워크 관계는 주로 그 관계에 방향성(direction)이 있는지에 따라 대칭적(non-directional, symmetric) 혹은 비대칭적(directional, non-symmetric) 관계로 나뉜다. 네트워크 분석의 중요한 의의는 그것이 매우 본질적인 질문에 답을 줄 가능성이 있다는 점이다. 사회과학은 ‘우리가 사는 세상은 어떻게 만들어질까’라는 근본적인 질문에 대해 ‘구조(structure)와 행위(action)’라는 두 가지 요인에 주목하고, 각 요인의 역할에 대한 설명을 지속해 왔다. 네트워크 분석은 이러한 행위(action)와 구조(structure)의 상호역동성을 설명하는 이론이자 방법이다.

따라서 서로에게 미치는 영향 및 의존성 등의 상관관계를 네트워크 분석을 통해 파악함으로써 미래사회의 변화 모습을 종합적으로 이해하고 주요 요인들 간의 막연하고 추상적인 구조의 개념과 영향관계에 대해 구체적으로 분석할 수 있을 것으로 판단하였다. 주요 요인간의 상호 연관관계 분석은 워크숍 참여자가 작성한 영향관계도를 바탕으로한 네트워크 분석에 의해 수행되었다.

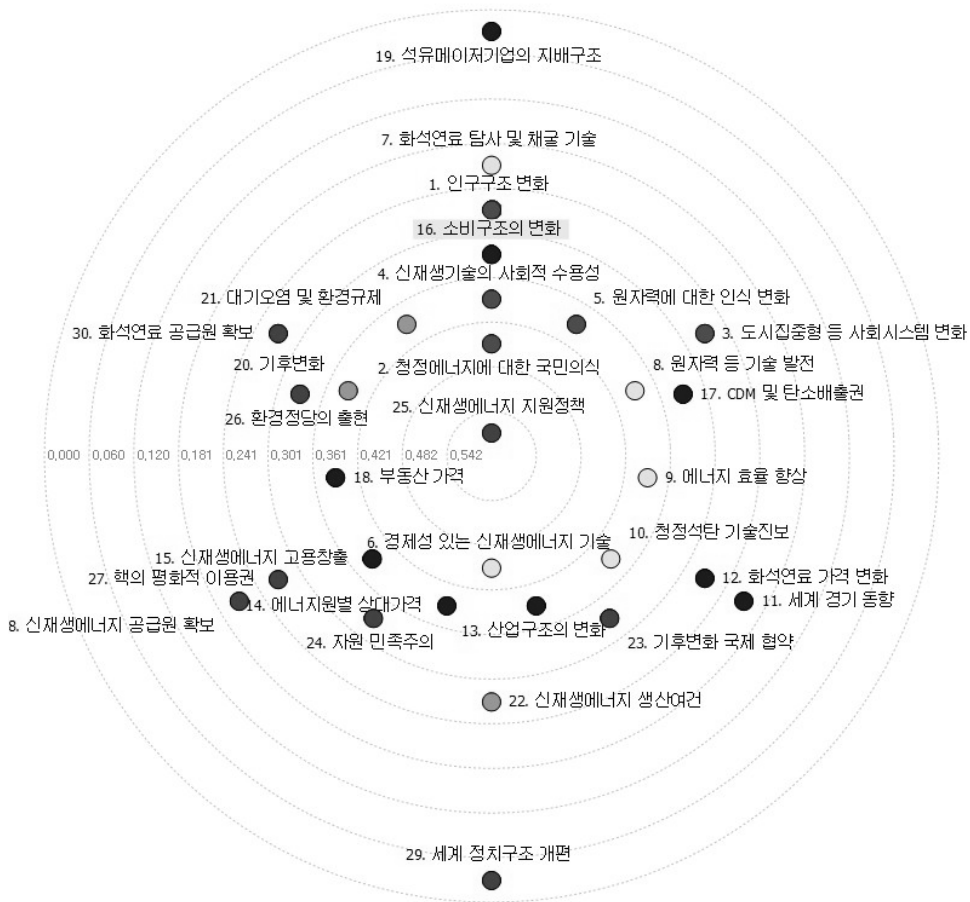
본 연구에서 활용된 네트워크 분석 지표는 근접중심성(closeness centrality)이다. 근접중심성이란 한 요인이 다른 요인에 얼마나 가까운지를, 즉 각 요인 간의 거리를 근거로 하여 중심성을 측정하는 방법이다. 한 점에 연결된 다른 점의 수로 계산되는 연결정도중심성(degree centrality)은 전체적인 연결망에서 차지하는 중심성을 포착하지 못하기 때문에 전체 네트워크의 중심을 파악하는데 유리한 방법인 근접중심성을 사용하였다. 근접중심성은 직접적으로 연결된 요인뿐만 아니라 네트워크내 간접적으로 연결된 모든 요인들 간의 거리를 계산하여 중심성을 측정한다. 근접중심성이 높을수록 각 요인으로부터 인접한 곳에 위치하고 있다는 것을 의미하며 방향성에 따라 내향근접과 외향근접으로 나누어진다.

미래사회의 모습은 각각의 요인이 초래하는 영향들의 단순한 합이 아니라 복합적으로 작용한 결과이므로 네트워크의 중심에 위치할수록 모든 네트워크 관계에서 그 요인의 관여 정도가 증가한다는 것이다. 따라서 근접중심성은 다른 요인들에 대해 미치는 영향력이 상대적으로 큰 요인을 분석하는 데 활용될 수 있다. 내향근접중심성은 각 요인들로부터 상대적으로 영향을 많이 받는 요인을, 외향근접중심성은 각 요인들에 대해 상대적

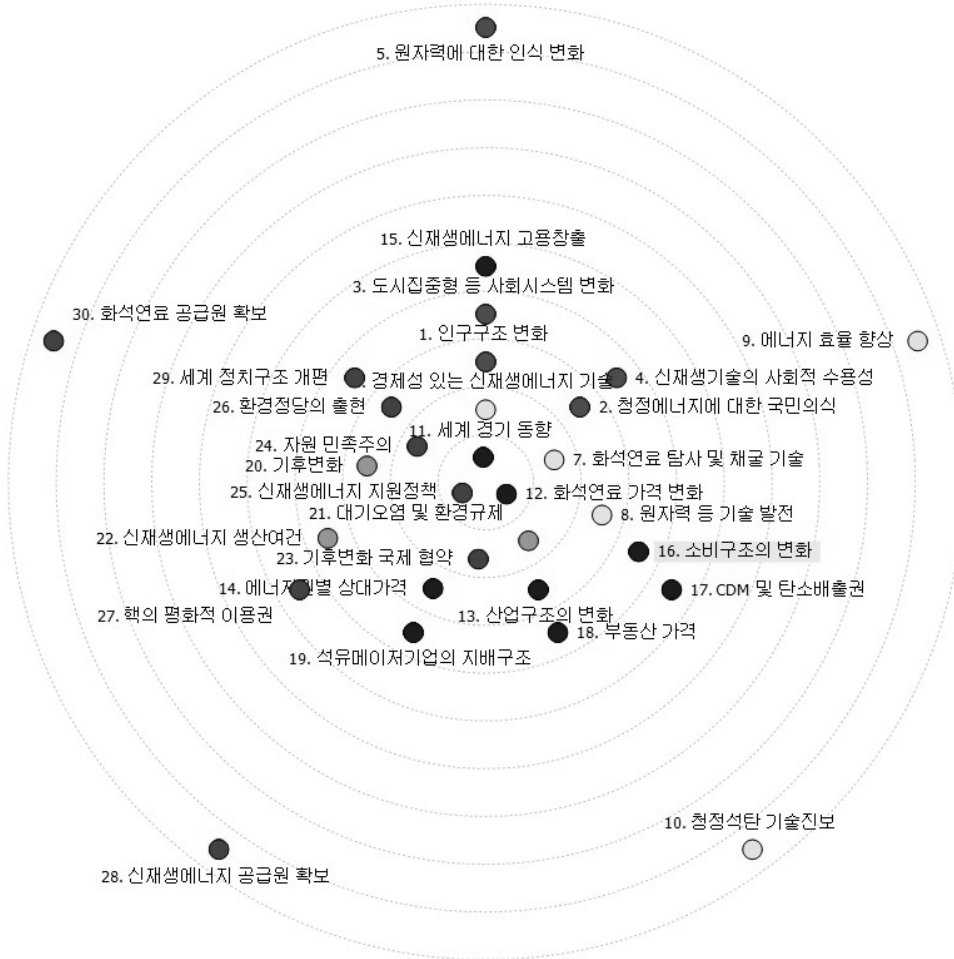
으로 많은 영향을 미치는 요인을 파악하는데 활용될 수 있다.

근접중심성 분석 결과에 따르면 <그림 3>과 같이 ‘국내외 신재생에너지를 포함한 에너지·환경 지원 정책’이 가장 높은 내향근접중심성을 지니고 있어 네트워크에서 각 요인들로부터 상대적으로 많은 영향을 받는 요인으로 분석되었다. 또한, <그림 4>와 같이 ‘세계 경기 동향’, ‘화석연료 부존량 및 화석연료 가격 변화’, ‘국내외 신재생에너지를 포함한 에너지·환경 지원 정책’요인들은 외향근접중심성에 있어 동일하게 가장 높은 값으로 분석되어 각 요인들에 대해 상대적으로 많은 영향을 미치는 요인들로 파악되었다.

<그림 3> 내향근접중심성 지도



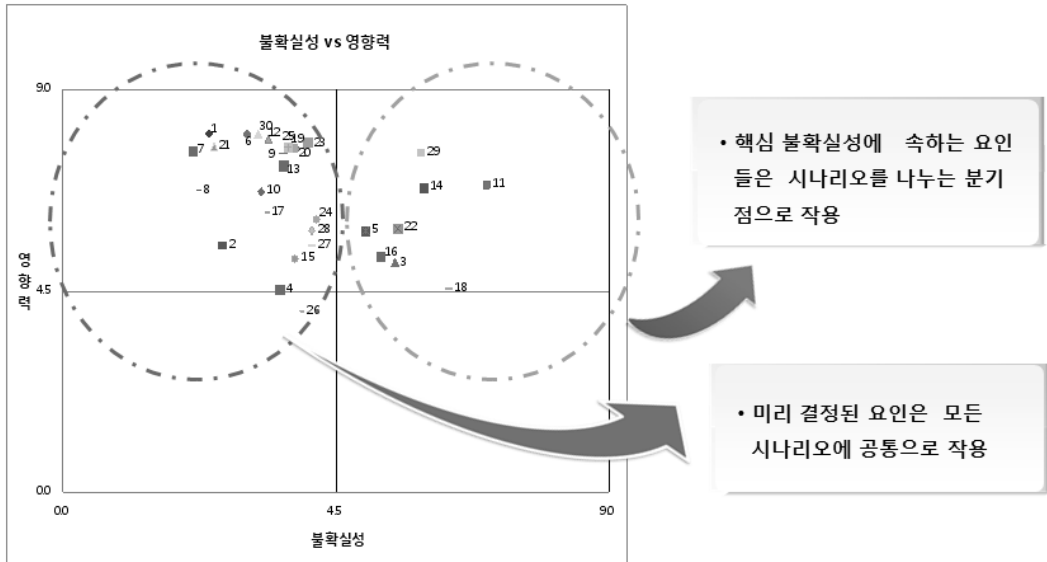
<그림 4> 외향근접중심성 지도



2.3 시나리오 작성

주요 요인을 영향력과 불확실성의 두 가지 항목으로 평가하였다. 각 항목은 9점 척도로 평가되었으며 평가된 결과를 바탕으로 영향력과 불확실성을 축으로 한 매트릭스를 구성하여 각 요인들을 배치하였다. 불확실성/영향력 매트릭스에서 영향력이 높으며 불확실성이 낮은 요인은 미리 결정된 요인으로, 영향력과 불확실성 모두가 높은 요인은 핵심 불확실성으로 구분되었다. 핵심 불확실성으로 구분된 요인의 경우 이의 변화 방향에 따라 시나리오가 바뀌기 때문에 시나리오를 구분하는 분기점이 되며, 미리 결정된 요인은 모든 시나리오에 공통으로 들어간다.

<그림 5> 영향력과 불확실성 평가 매트릭스



핵심 불확실성에 속하는 8가지 요인을 그룹핑한 후 상대적으로 영향력과 불확실성이 큰 요인을 불확실성 축으로 선정하였다. 세계 경기 동향, 가격 경쟁력 있는 신재생에너지 개발, 에너지 수급에 영향을 미치는 세계 정치구조 개편 등 3가지 요인을 불확실성 축으로 최종 결정하였다.

네트워크 분석에서 상대적으로 영향 및 의존성이 높았던 ‘세계 경기 동향’, ‘화석연료 부존량 및 화석연료 가격 변화’, ‘국내외 신재생에너지를 포함한 에너지·환경 지원 정책’요인들 역시 영향력이 높다고 평가되었다. 하지만, ‘세계 경기 동향’을 제외한 나머지 요인들은 불확실성이 낮게 평가되어 불확실성 축에는 ‘세계 경기 동향’요인만이 반영되었다.

<표 2> 불확실성 축에 의한 두 개의 가능성

불확실성 축	두 개의 가능성	
	+	-
세계 경기 동향	성장	침체
가격 경쟁력 있는 신재생에너지 개발	성공	현행 유지
에너지 수급에 영향을 미치는 세계 정치구조 개편	우호	불리

불확실성 축이 3개인 경우, 시나리오의 수는 최대 8개가 된다. 이들 모두를 관리하기에는 어려움으로 논리적으로 일관성이 없는 시나리오를 제거하는 것이 필요하다. 시나리오의 수가 너무 많으면 혼란스럽고 관리하기 어려운 반면, 너무 적으면 다양한 가능성을 반영하지 못하므로 일반적으로 3~4개의 시나리오가 적당하다. 본 연구에서는 8개의 시나리오 중 미래가능성의 폭 넓은 범위를 고려하기 위하여 2개의 극단적 시나리오와 하나의 현상유지 시나리오를 최종 선정하였다.

<표 3> 3개의 불확실성 축에 의한 8개의 시나리오

시나리오	불확실성 축		
	가격 경쟁력 있는 신재생에너지 개발	세계 경기 동향	에너지 수급에 영향을 미치는 세계 정치구조 개편
1(A)	+	+	+
2	+	+	-
3	+	-	+
4(B)	+	-	-
5	-	+	+
6	-	+	-
7	-	-	+
8(c)	-	-	-

불확실성 축을 중심으로 각 시나리오 스토리를 구성하며, 미리 결정된 확정적 요인은 모든 시나리오에 공통으로 들어간다. 요인간의 상호연관관계 분석을 통해 얻어진 정보를 바탕으로 논리적으로 일관성 있게 스토리를 작성하는 것이 중요하며 시나리오의 스토리는 현재 일어난 것처럼 작성하여 독자에게 현실감 있게 전달될 수 있도록 해야 한다. 시나리오 스토리 작성은 먼저 시나리오 워크숍 참여자에 의해 기본 골격에 살을 붙이는 작업이 먼저 수행되었으며, 이어서 작가에 의해 보다 구체적이고 상세한 내용이 덧붙여졌다.

<표 4> 시나리오 비교 표

시나리오	불확실성 축	요약
시나리오 A 새로운 에너지 강국으로 부상하는 한국	가격 경쟁력 있는 신재생에너지 개발: 성공 세계 경기 동향: 성장 에너지 수급에 영향을 미치는 세계 정치 구조 개편: 우호	화석연료 대체와 환경 규제 극복 등을 위한 정책들이 2010년부터 지속적으로 수립·추진되어 2030년에는 한국의 태양광 및 바이오매스 관련 기술력이 세계를 선도하게 되었다. 이 시기 세계의 정치·경제 구조 역시 에너지 위기에 공동대응하자는 분위기가 조성되면서, 관련 기술력에 기반을 둔 한국 기업의 해외 진출이 많아지고, 국내 경제에서도 신재생에너지 기술로 인해 고용 창출 및 에너지 저소비 산업으로의 변화가 일어나게 되었다. 발달된 신재생에너지 기술은 온실가스의 감축, 환경오염 감소, 폐기물 비용 감소 등에도 적극 활용되어 지속가능한 사회를 구축하게 되었다.
시나리오 B 압울한 국제 상황에서 회복의 중심에 선 신재생에너지	가격 경쟁력 있는 신재생에너지 개발: 성공 세계 경기 동향: 침체 에너지 수급에 영향을 미치는 세계 정치구조 개편: 불리	개발도상국과 선진국 사이의 환경문제 및 신재생에너지 이해관계 갈등은 장기화되는 경기침체, 국제 경제 블록화, 민족주의의 부상 등의 양상으로 더욱 심화되고 있다. 한국 역시 신재생에너지를 활용하지 못하는 주변국과의 갈등과 경기 불황 때문에 다양한 사회문제를 가지고 있다. 하지만 한국은 신재생에너지 관련 기술의 개발에 성공하여 화석연료 의존도를 낮추는데 성공하였고, 환경과 신재생에너지에 대한 경쟁력과 관심이 높아졌으며, 관련 산업의 발전으로 새로운 성장동력이 창출되고 있다.
시나리오 C 멀고 먼 신재생에너지 미래	가격 경쟁력 있는 신재생에너지 개발: 현행 유지 세계 경기 동향: 침체 에너지 수급에 영향을 미치는 세계 정치 구조 개편: 불리	화석연료에의 의존은 유가 폭등으로 인한 경제계에 미치는 부정적인 영향뿐만 아니라 에너지 안보를 떨어뜨리고 기후변화에 대한 부적절한 대응의 문제점을 야기하게 된다. 재해 및 호흡기 질환의 증가도 유발되었으나, 경기 침체로 인해 신재생에너지 기술에는 투자가 이뤄지지 못하였다. 국가 간 에너지 확보를 위한 대립이 첨예해지고 있으며, 급격한 기후변화에 따라 각종 피해가 급증하고 있다. 에너지 기근을 돌파하기 위하여 해외 자원 확보, 원자력발전소 증설 등이 이뤄지고 있으나, 결과적으로 신재생에너지 기술 개발은 2050년까지도 요원한 것으로 남아있다.

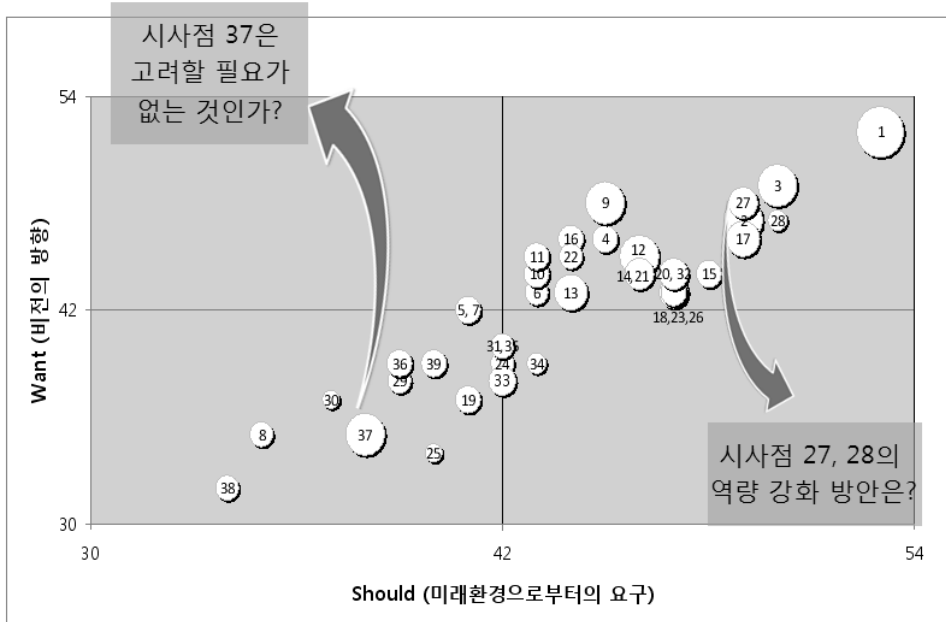
2.4 전략적 합의

작성된 신재생에너지 시나리오로부터 정부의 정책적 대응방안을 도출하기 위하여 미래 수레바퀴 방법을 활용하였다. 각 시나리오가 일어난다고 가정할 후 이에 대응할 수 있는 1차, 2차의 시사점을 파악하였다. 파악된 39개의 시사점 중 특히 국가적 차원에서 의미 있는 시사점을 선정하기 위하여 WUS(Want, Utilize, Should) 분석을 실시하였다. WUS 분석은 제안된 시사점 중에서 국가의 비전, 미래 환경으로부터의 요구 및 현재의 강점과 능력에 의거한 평가를 통하여 중점적으로 추진해야 할 우선순위를 결정하는 분석 방법이다.

<표 5> 시나리오별 시사점

시나리오	시사점		
시나리오 A	신재생에너지 산업화정책	신재생에너지 관련법 정비	
		신재생에너지 BRM구축	
		투자재원확보	
		관련부품산업육성	
	신재생에너지 사회적 수용성 향상	신재생에너지 환경성평가체계 구축	
		소비자인센티브 도입	
		친환경에너지교육 및 홍보	
	신재생에너지 핵심기술 확보	NGO지원	
		R&D역량강화(예산/설비 포함)	
		인력양성(교육)	
		필요기술도입	
	자원의외교 강화	신재생에너지 TRM구축	
전문외교 역량확보			
국제협력 강화			
국제협약 대비			
시나리오 B	가용 국토의 효율적 활용	자원의외교 비전수립	
		고효율 태양광 및 풍력 기술개발	
		도시 모델링 및 유휴면적의 신재생에너지 용도 활성화 (예: 고효율 BIPV 개발)	
		신재생에너지 용도 허가 제도의 합리화	
	신재생에너지 수출 증진	세계 기후변화 전략 및 정책의 적극 지원	
		경제 외교력 강화	
		신재생에너지 잠재적 수요가 많은 국가 발굴과 국가간 MOU체결	
		기술경쟁력 강화를 위한 정부지원 증대	
	신재생에너지 내국인 고용 확대 추진	수출 촉진	
		외국인 노동자를 인정하는 사회적 인식변화 유도	
	시나리오 C	에너지 이용 합리화	에너지 재활용 및 회수 기술 개발
			에너지 이용 효율 향상
에너지 저소비형 산업 구조로의 개편			
자원 외교의 확대		대개도국 지원	
		자원보유국과의 협력조사·탐사·개발	
		자원 채굴권 확보	
신재생에너지 개발의 완급 조절		장기적 관점에서 전략적 기술개발 정책 수립	
		단중기적으로 산업화 측면에서의 신재생 검토	
		인력양성 등 신재생 관련 거버넌스의 개발	
		현실성을 고려한 환경정책 수립	
화석에너지원 청정이용 확대를 위한 노력 증대		환경규제 기준의 장기적 검토	
		원자력 기술 개발 확대	
	청정석탄		
	CCS		

<그림 6> WUS 분석에 의한 시사점 평가
(원의 크기는 현재의 강점과 능력 크기를 의미)



WUS 분석에 의하면 비전의 방향에서 큰 점수를 받은 시사점은 미래 환경으로부터의 요구에서도 큰 점수를 받은 반면, 비전의 방향에서 낮은 점수를 받은 요인은 미래 환경으로부터의 요구에서도 낮은 점수를 받는 것으로 나타났다. 신재생에너지 산업화 정책에 관련된 ‘신재생에너지 관련법 정비’, ‘투자재원확보’ 등의 시사점은 비전의 방향과 미래 환경으로부터의 요구 모두에 높은 점수를 받았으며 우리의 역량도 높은 것으로 평가되었다. 이는 성공적인 신재생에너지 미래를 만들어가기 위해서 정부가 가장 중점적으로 고려해야 할 시사점으로 판단되며 이미 추진 중이거나 추진 계획 중인 신재생에너지 관련 산업화 정책의 지속적 추진이 필요함을 나타낸다.

에너지 이용 합리화를 위한 ‘에너지 저소비형 산업구조로의 개편’, ‘에너지 효율 향상’ 등은 비전의 방향과 미래 환경으로부터의 요구 모두에 높은 점수를 받았으나 현재의 강점과 능력은 상대적으로 높지 않은 것으로 평가되었다. 적어도 중단기적으로 신재생에너지 개발만으로 화석연료의 소비 증대를 감당할 수 없으므로 에너지 이용 합리화 정책을 신재생에너지 개발과 병행하여 추진하여야 한다. 우리나라는 일본, 미국 등의 선진국에 비해 에너지 집약적인 산업구조를 지녀 에너지 가격 상승에 취약한 상태로 이를 극복할 수 있는 에너지 저소비형 산업구조로의 전환을 위한 산업·기술 정책이 필요하다. 또한,

‘에너지 이용 효율 향상’은 단기간에 에너지 소비 절약 및 온실가스 감축 효과가 가능한 분야이므로 투자 확대를 통한 우리의 역량 강화가 필요하다.

화석에너지원 청정이용 확대를 위한 노력 증대와 관련한 ‘청정석탄’, ‘원자력 기술 개발 확대’, ‘CCS’ 등의 시사점은 전반적으로 비전의 방향과 미래 환경으로부터의 요구 모두에 낮은 점수를 받았다. 하지만, 국가의 에너지 안보와 국제적인 에너지기술개발 추세를 볼 때 에너지원을 신재생에너지로만 가지고 갈 수 없으며,⁵⁾ 화석연료(특히 유연탄)이 이용 화력발전이 2050년까지도 상당부분 유지되기 때문에, 신재생에너지 기술개발이 성공하더라도 청정석탄, CCS 기술개발 등은 필수적으로 이루어질 필요가 있다.

특히, ‘원자력 기술 개발 확대’관련 우리의 강점과 능력은 높은 것으로 판단된다. 안전하고 효율적인 차세대 원자로의 등장과 더불어 기후변화와 화석연료의 가격 상승으로 원자력의 중요성이 증대하고 있으나 사고의 위험, 핵폐기물 처리 문제, 우라늄 가격 변화에 대한 불확실성은 원자력 이용 확대에 부정적인 요인으로 작용할 것으로 판단된다. 따라서 원자력 이용은 다른 에너지원과 균형을 이루어 정책을 추진하는 것이 필요하다.

IV. 향후 개선방안

시나리오는 미래의 불확실성을 고려하여 다양한 미래의 모습을 전망하고 정책적 시사점을 제시하는 전략적 예측방법으로 최근 들어 관심이 더욱 증대하고 있다. 이에 본 연구에서는 신재생에너지 분야에 대한 미래 시나리오를 작성하고, 시나리오별 전략적 함의를 도출하였다. 하지만 시나리오 기반의 과학기술예측조사가 유용한 정보의 제공자뿐만 아니라 구체적 정책적 대안을 제시하는 전략적 예측을 하기 위해서는 전략적 함의를 구체화하기 위한 프로세스 보완이 필요할 것으로 판단된다. 향후 시나리오 프로세스에서는 도출된 시사점에 대해 국내외 현황, 단계별 정책적·기술적·사회적 측면의 실행계획 등의 구체적 대응방안을 제시하는 전략맵 작성 과정을 보강하는 것이 필요하다.

또한 시나리오 도출 과정에서 보다 다양한 참여자가 논의하고 합의하는 과정이 필요하다. 시나리오는 기술 전문가뿐만 아니라 일반시민 및 인문사회, 경제 등 다양한 이해당사자가 참여하여 서로의 견해차를 파악하고 공통기반을 구축하는데 유용한 도구이다. 하지만, 시나리오 워크숍을 통한 시나리오 도출은 참여 인원의 제한과 비용 문제 때문에

5) 우리나라의 2030년 신재생에너지가 1차 에너지에서 차지하는 목표비율은 11%임.

보다 다양한 의견을 반영하는데 한계가 있다. 위키(Wiki) 기반의 협업지성은 이를 보완하기 위한 효과적인 도구이다. 온라인상으로 미래사회 변화요인을 파악하고 분석하는 과정에서 참여원의 다양한 의견들에 대한 외적 영향력을 최소화하면서 자율적이고 효과적인 의견 제시 및 합의 내용을 협력적으로 도출할 수 있는 환경을 조성할 수 있다. 이러한 내용과 관련 프로세스가 보완된다면 시나리오를 활용한 예측조사는 정책적 활용도가 더욱 높아지리라 기대된다.

하지만 다양한 참여자와 철저한 분석이 이루어진 시나리오도 그러한 결과를 받아들이고 이용하려는 조직의 역량이 낮다면 시나리오의 활용도는 떨어질 것이다.⁶⁾ 최근까지 정부가 수행한 과학기술예측조사에서 다양한 시나리오를 작성하고 이에 대한 정책적 시사점을 도출하여 정책에 반영하려는 시도가 부족했던 것이 사실이다. 따라서 시나리오 기반의 예측조사를 상시적으로 수행하여 정책에 반영하는 노력이 필요하다. 정부의 과학기술예측조사는 과학기술 전 분야에서 미래의 유망기술을 발굴하는 것을 목적으로 5년 주기로 시행되고 있지만, 급변하는 환경변화 속에서 5년이라는 시기의 적절성에 대한 문제가 지속적으로 제기되고 있다. 2년 혹은 3년으로 주기를 줄여 과학기술 전 분야에 대한 예측조사를 수행하는 것도 효용성에 대한 문제가 제기될 수 있다. 따라서 미래유망기술 발굴을 목적으로 하는 5년 주기의 예측조사는 그대로 유지하면서, 시의 적절하게 대응할 필요가 있는 과학기술 이슈에 대하여 시나리오 기반의 상시적 예측조사를 수행한다면 정책적 활용도가 더욱 높아지리라 예상된다.

6) Volkery, A. and Ribeiro, T. (2009), "Scenario planning in public policy: Understanding use, impacts and the role of institutional context factors", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 76, 1 pp. 1198-1207.

참고문헌

- 과학기술부 (2005), 『과학기술예측조사(2005~2030): 미래사회전망과 한국의 과학기술』, 과학기술부.
- 과학기술부 (2007), 『과학기술예측조사를 위한 방법론 및 프레임워크 개선연구』, 과학기술부.
- 손동원 (2002), 『사회 네트워크 분석』, 경문사.
- 유정식 (2009), 『시나리오 플래닝』, 지형.
- 임현 등 (2009), 『미래전망과 유망기술 발굴 기능고도화』, 한국과학기술기획평가원.
- 최항섭 등 (2005), 『미래 시나리오 방법론 연구』, 경제·인문사회연구회 합동연구총서.
- Abbey, A. and J. W. Dickson (1983), “R&D Work Climate and Innovation in Semiconductors”, *Academy of Management Journal*, Vol. 26, pp. 362-368.
- Georghiou, L., J. C. Harper, M. Keenan, I. Miles and R. Popper (Eds.) (2008), *The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice*, Prime Series on Research and Innovation Policy, Elgar Publ. Ltd.
- Godet, M. (2006), *Creating Futures: Scenario Planning as a Strategic Management Tool*, ECONOMICA.
- Hines, A. and P. Bishop (2006), *Thinking about the Future: Guidelines for Strategic Foresight*, Social Technologies, LLC.
- Lindgren, M. and H. Bandhold (2003), *Scenario Planning: The Link Between Future and Strategy*, Palgrave Macmillan.
- Ralston, B and I. Wilson (2006), *The Scenario Planning Handbook: A Practitioner's Guide to Developing and Using Scenarios to Direct Strategy in Today's Uncertain Times*, Thomson/South-Western.
- Schwartz, P. (1996), *The Art of the Long View: Paths to Strategic Insight for Yourself and Your Company*, Currency Doubleday.
- Van der Heijden, K. (1996), *Scenarios : The Art of Strategic Conversation*, John Wiley & Sons Ltd.
- Wasserman, S. and K. Faust (1994), *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Weiss, M. S. (2005), *Text Mining: Predictive Methods for Analyzing Unstructured Information*, Springer.

□ 투고일: 2010. 03. 22 / 수정일: 2010. 06. 08 / 게재확정일: 2010. 06. 11