

수시
연구 보고서
21-01

주요국 상대비교를 통한 우리나라 에너지전환정책 시사점 연구

KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE

●
이 수 민
김 창 훈



에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute

저 자 이수민, 김창훈

연구진

연구책임자	이수민	(에너지경제연구원 부연구위원)
	김창훈	(에너지경제연구원 연구위원)
연구참여자	김수린	(에너지경제연구원 전문연구원)
	최영선	(에너지경제연구원 전문연구원)

〈요 약〉

1. 연구의 필요성 및 목적

□ 연구의 필요성

- **효율적인 에너지전환정책 추진을 위해 세계 주요국의 전략 분석 필요**
 - 세계 각국은 2016년 발효된 파리협정 이후 온실가스 배출감축 의무 이행을 위해 자국의 에너지시스템 전환을 추진하고 있으며 주요국들이 탄소중립 목표를 천명하며 이와 관련된 에너지 산업의 구조 변화가 가시화 되고 있음.
 - 에너지시스템 지속가능성 제고를 위해 전 세계가 공조하는 만큼 주요국의 에너지전환정책 추진현황에 대한 분석 및 이해가 필요하며 이미 국가 간 에너지전환 상황에 대한 평가가 국가경쟁력에도 영향을 주기 시작하는 상황임.
- **에너지전환을 ‘전환’ 그 자체에 초점을 맞추고 수반되는 다양한 측면들을 종합적으로 아우르는 지표체계의 정립이 요구**
 - 여러 국제기구 및 일부 국가에서 에너지전환 평가지표 구축을 통해 국가별 에너지시스템 지속가능성에 대한 평가체계를 구축
 - 우리나라에 대해 발표된 결과들이 평가체계 자체에 대한 검토나 비판적 시각 없이 무분별하게 인용되면서 국내적으로 쟁점화

□ 연구의 목적

- 본 연구는 에너지전환 성과지표로 알려진 대표적인 몇몇 지표 체계에 대한 고찰을 바탕으로 우리나라 에너지전환정책의 실상을 제대로 보여줄 수 있는 대안적 지표체계를 제시하고, 이를 바탕으로 주요국들과 상대비교를 하여 우리나라 에너지전환정책에 대한 시사점을 도출하고자 함.
- 기존의 지표들이 에너지전환의 다양한 측면들과 최근 트렌드들을 담아내기에 적절한지 비판적으로 검토하고, 이에 대한 대안을 제시하면서 예시로 몇몇 지표들에 대한 주요국과의 비교를 통해 시사점을 도출

2. 연구내용 및 주요 분석 결과

□ 기존 에너지전환 성과지표 평가

- 현행 에너지전환 성과지표들은 에너지전환을 위한 노력을 입체적으로 측정하기 보다는, 특별한 에너지전환 노력을 통해 달성되지 않았을 가능성이 큰 저개발국의 ‘지속가능성’이 상대적으로 높은 점수를 받는 현상이 나타남.
- 또한 차이가 미미한 지표의 변별력이 커지면서 분야별 점수가 왜곡되는 현상도 나타나는 등 여러 부분에서 문제점이 있음.
- 이런 지표들이 내놓는 결과에 민감하게 반응하는 것은 무의미하며, 해당 지표들이 가진 근본적인 한계점을 인지한다면 크게 걱정할 필요는 없는 문제

- 오히려 적극적인 자세로 보다 실질적인 대안을 제시하고 이를 내재화하는 것이 필요

□ 에너지전환 지표 개선 방향

○ 독일 ‘미래의 에너지’ 지표의 시사점

- 지표체계의 상세화와 함께 ‘전력망 인프라’, ‘섹터커플링 및 디지털화’ 등 에너지전환을 위한 ‘노력’ 자체를 실질적으로 측정
- 에너지안보와 관련하여, 에너지전환의 측면에 국한시킬 경우에는 해외 수입 다변화 등 전통적 지표들은 포함시키지 않음.
- 각종 세부지표들은 궁극적으로 최상위 정책목표 달성을 위해 구축되었고, 그 아래에 중요도에 따라 계층화된 목표들이 달성되도록 하는 체계

○ 에너지전환 지표 개선 방향 도출

- 종합점수나 순위보다는 각 부문별 성과를 입체적으로 보여주는 것에 집중
- 외생적 충격에 대한 대비 정도를 평가하는 전통적인 에너지안보 항목들을 배제하고 에너지시스템 자체 내부 구조변화에 초점
- 재생에너지 중심의 ‘청정화’나 에너지원 및 부문 간의 ‘섹터커플링(sector coupling)’ 및 ‘전기화(electrification)’ 등 에너지전환의 큰 흐름 위주로 지표를 체계화
- 에너지전환과의 직접적 연관성이나 의미가 불분명한 지표들은 배제하여 에너지전환 성과를 객관적으로 비교 가능하게 함.

□ 지표체계 구성 및 상대비교 예시

○ 지표체계 구성 예시

- 최상위 정책목표, 이를 달성하기 위한 수단, 국가경제 차원에서 얻는 효과 등을 계층화하여 구성

〈표〉 개선된 지표체계 구성의 예시

대분류 예시	중분류 예시	세부지표 예시
탄소중립 현황	온실가스 배출	<ul style="list-style-type: none"> 전체 배출량(+온실가스별, 부문별 배출량) 온실가스 집약도
	에너지 소비	<ul style="list-style-type: none"> 1차/최종에너지 소비량 1차/최종에너지 집약도
구조변화	청정화	<ul style="list-style-type: none"> 최종에너지에서 재생에너지 비중 전력소비 중 재생에너지 비중(+기술별 생산량) 수송부문 바이오연료 비중 석탄발전 퇴출 설비용량 GDP 대비 재생에너지부문 투자액
	전기화 및 원·부문간 연계	<ul style="list-style-type: none"> 최종에너지 중 전력 비중 전기차 대수 연료전지차 대수
	공급 안정성 및 유연성	<ul style="list-style-type: none"> 정전시간 양수발전용량 비중 스마트미터 보급률 ESS 투자액
국가경제 기여	고용	<ul style="list-style-type: none"> 총 노동자 중 재생에너지부문 고용 비중
	기술	<ul style="list-style-type: none"> GDP 대비 특허 수 GDP 대비 에너지 연구 공공투자

○ 상대비교 예시

- 에너지전환의 궁극적인 목표인 탄소중립 실현 수준은 주요국들에 비해 아직은 미흡한 수준인 것을 확인

- ‘청정화’와 관련해서는 재생에너지 보급수준이 미흡하나 탈석탄 정책 및 재생에너지 투자가 지속 추진되고 있음.
- ‘전기화 및 원·부문 간 연계’와 관련해서는 최종에너지 및 수송 부문에서의 양호한 전기화 수준을 확인
- ‘공급 안정성 및 유연성’과 관련하여서는 우수한 인프라 수준과 발전 가능성을 확인
- 고용 측면에서는 여전히 미흡하나 누적된 기술역량을 바탕으로 기술집약적 산업으로의 육성이 가능함을 확인

3. 결론 및 정책제언

- **에너지전환의 기술적 차원 여건은 충분히 갖춰진 것으로 보임.**
 - 다만, ESS 관련 투자와 관련하여 송전단 레벨 투자 중심인 다른 국가들을 참고할 필요가 있음.
- **재생에너지 기술 개발 실적을 활용하기 위한 환류시스템 필요**
 - 재생에너지 기술에 투입되는 예산이 실제 어느 정도의 성과를 거두고 있는지 면밀한 모니터링과 환류시스템이 필요
- **수요측면에서의 에너지 이용형태 혁신을 위한 다양한 정책 모델이 개발될 필요**
 - 전기화, 섹터커플링 등과 관련한 다양한 정책 추진과 관련 통계 구축이 필요함.
- **국가경제의 관점에서 에너지전환의 기여도를 제고할 수 있는 방안을 적극적으로 찾을 필요**

- 에너지전환정책이 온실가스 감축 등과 같은 결과적인 측면뿐만 아니라 국가경제에 이바지하는 주요 산업으로 육성될 수 있도록 에너지전환정책을 전략적 차원에서 접근할 필요

제 목 차 례

제1장 서론	1
1. 연구 배경 및 필요성	1
2. 연구 목적 및 주요내용	5
제2장 기존 에너지전환 성과지표 평가	7
1. 주요 지표들의 개요	7
1.1. WEF의 에너지전환지수(Energy Transition Index, ETI)	7
1.2. WEC의 에너지트릴레마지수(Energy Trilemma Index)	13
1.3. 세계은행의 에너지 지속가능성 규제 지표(RISE)	17
1.4. IEA의 에너지전환 지표(Energy Transition Indicators)	19
2. WEF의 ETI 상세분석	21
2.1. 주요국과의 비교 (2019년판 vs 2021년판)	21
2.2. 상위 순위 개도국과의 비교 (2019년판)	31
3. 소결론	36
제3장 에너지전환 지표 개선 방향	39
1. 독일 사례 분석 및 시사점	39
1.1. 독일의 ‘미래의 에너지’ 지표	39
1.2. 시사점	43

2. 지표체계 개선 방향	45
제4장 지표체계 구성 및 상대비교 예시	49
1. 지표체계 구성 예시	49
1.1. 탄소중립 현황	50
1.2. 구조변화	50
1.3. 국가경제 기여	51
2. 주요국 상대비교 예시	52
2.1. 탄소중립 현황	53
2.2. 구조변화	56
2.3. 국가경제 기여	62
3. 소결론	64
제5장 결론 및 시사점	67
참고문헌	71

표 차례

<표 2-1> WEF의 ETI 지표 구성 및 가중치(2019년판)	8
<표 2-2> ETI 지표의 2019년판 대비 변경내역	10
<표 2-3> 에너지 트릴레마 지수 지표 구성 및 가중치	14
<표 2-4> 세계은행 RISE 지표 구성	18
<표 2-5> IEA 에너지전환 지표 구성	20
<표 2-6> 한국 및 주요국 ETI 순위 변화	21
<표 2-7> 경제발전 분야 주요국 점수 변화	23
<표 2-8> 에너지안보와 접근성 분야 주요국 점수 변화	24
<표 2-9> 자본과 투자 분야 주요국 점수 변화	26
<표 2-10> 규제와 정책 합의 분야 주요국 점수 변화	27
<표 2-11> 인적자본과 소비자 참여 분야 주요국 점수 변화	28
<표 2-12> 에너지시스템 구조 분야 주요국 점수 변화	29
<표 2-13> 한국 및 상위 순위 개도국 ETI 순위 변화	31
<표 2-14> 경제발전 분야 한국과 개도국 간 점수 비교	32
<표 2-15> 환경적 지속가능성 분야 한국과 개도국 간 점수 비교 ..	33
<표 2-16> 인적자본과 소비자 참여 분야 한국과 개도국 간 점수 비교 ·	34
<표 2-17> 에너지시스템 구조 분야 한국과 개도국 간 점수 비교 ..	35
<표 3-1> 독일, 미래의 에너지 모니터링 지표 구성	40
<표 4-1> 개선된 지표체계 구성의 예시	52
<표 4-2> 연료전지차 보급 현황(2021년 6월 기준)	60

그림 차례

[그림 1-1] 발전량 중 재생에너지 비중(2019년)	2
[그림 1-2] 발전량 중 비화석연료 비중(2019년)	3
[그림 2-1] 한국의 트릴레마 삼각형 (2020년)	16
[그림 3-1] 독일의 계층화된 에너지전환정책목표	45
[그림 4-1] GDP(PPP)당 이산화탄소 배출량(2019년)	54
[그림 4-2] 1인당 이산화탄소 배출량(2019년)	54
[그림 4-3] GDP(PPP)당 1차에너지 소비량(2019년)	55
[그림 4-4] GDP(PPP)당 최종에너지 소비량(2018년)	55
[그림 4-5] 운영·건설 중인 석탄발전용량 대비 2021-2040년 폐쇄용량 비율 ..	57
[그림 4-6] GDP 대비 재생에너지 투자 비중(2019년)	57
[그림 4-7] 최종에너지 중 전력 비중 (2018년 기준)	58
[그림 4-8] 인구 천 명당 전기차 보유대수 추정(2021년 6월 기준) ..	59
[그림 4-9] 평균 정전시간지수(SAIDI) (2020년)	61
[그림 4-10] 양수발전용량 비중(2019년)	61
[그림 4-11] ESS 투자액 (2018-2019년 합산)	62
[그림 4-12] 총 노동자수 중 재생에너지부문 고용 비중 추정(2019년) ..	63
[그림 4-13] GDP 십억 달러당 재생에너지 관련 누적 특허 건수(2018년) ..	63

제1장 서론

1. 연구 배경 및 필요성

세계 각국은 2016년 발효된 파리협정 이후 온실가스 배출감축 의무 이행을 위해 자국의 에너지시스템 전환을 추진하고 있으며 주요국들이 탄소중립 목표를 천명하며 이와 관련된 에너지산업의 구조 변화가 가시화 되고 있다. 에너지시스템의 지속가능성 제고를 위해 전 세계가 공조하는 만큼 주요국의 에너지전환정책 추진현황에 대한 분석 및 이해가 필요하며 이미 국가 간 에너지전환 상황에 대한 평가가 국가경쟁력에도 영향을 주기 시작하는 상황이다.

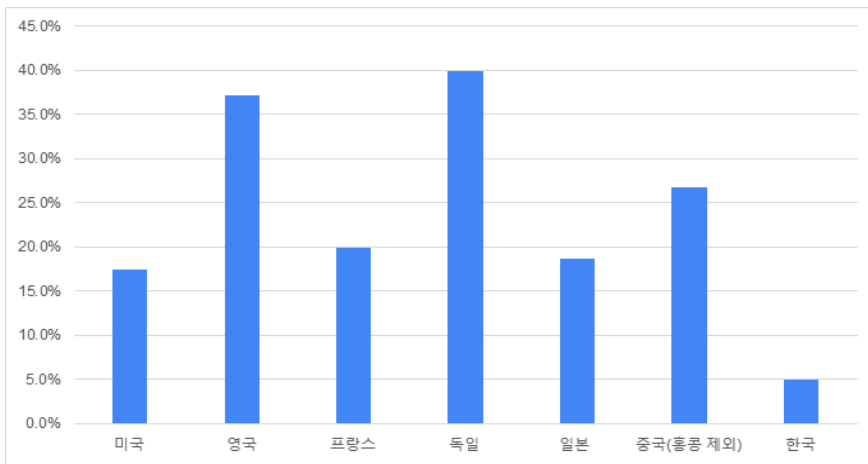
이에 일부 국제기구나 단체를 중심으로 각국의 에너지전환정책 추진 성과를 평가하기 위해 국가별 에너지시스템의 지속가능성 등에 대한 평가체계를 구축하기 시작하였다. 이에 따라 우리나라의 평가점수나 순위 등도 언론을 통해 발표되기 시작하고 있다. 그러나 이렇게 발표된 결과들이 평가체계 자체에 대한 검토나 비판적 시각 없이 무분별하게 인용되면서 국내적으로 쟁점화되고 있는 상황이다.

본 연구에서 상세히 살펴보겠지만, 대부분의 지표들이 에너지전환의 결과적인 측면에 초점을 맞추는 경향이 강하며, 이로 인해 주요국들보다 에너지전환이 늦어 현재로서는 재생에너지 비중 등이 낮을 수밖에 없는 우리나라에 부정적인 언론 보도가 많을 수밖에 없었다. 예를 들어, 최근 대표적인 에너지전환 지표로 흔히 인용되고 있는 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF)의 에너지전환지수(Energy

Transition Index, ETI)에서는 2021년에 우리나라가 분석대상 115개국 가운데 49위를 기록한 것으로 나타나며 이에 대한 비판적인 기사가 나오기도 하였다.¹⁾

물론, [그림 1-1]과 같이 우리나라는 발전량 중 재생에너지 비중이 주요국들에 비해 낮은 수준을 보이고 있는 것은 사실이다. 따라서 특정 지표에서 가정한 에너지전환의 정의가 태양광이나 풍력과 같은 재생에너지 중심의 에너지시스템으로의 전환이라고 한다면, 해당 지표에서의 우리나라의 성과는 낮게 측정될 수밖에 없다.

[그림 1-1] 발전량 중 재생에너지 비중(2019년)

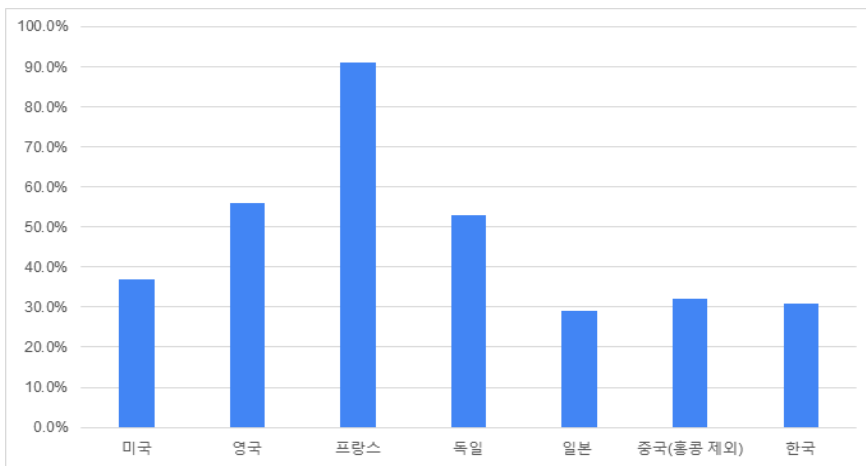


자료: OECD ilibrary, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enestats-data-en&oi=data-00514-en(최종접속일: 2021.7.23.)을 바탕으로 저자 작성

1) 한겨레, “한국 재생에너지 전환 세계 49위...10년 사이 7계단 낮아져”, https://www.hani.co.kr/arti/science/science_general/995363.html (최종접속일: 2021.7.2.)

그러나 통상 ‘저탄소’로 분류되는 다른 에너지원인 원자력 등을 포함시켜 [그림 1-2]에서처럼 발전량 중 비화석에너지원 비중을 보면, 현 시점에서도 우리나라는 적어도 ‘탄소중립’의 관점에서는 일본이나 중국, 미국 등과 견줄만한 수준으로 나타난다. 에너지전환정책의 궁극적 목표를 재생에너지에 두는가, 아니면 탄소중립에 두는가에 따라 그 중간경로에 대한 평가는 달라질 수 있는 것이다.²⁾

[그림 1-2] 발전량 중 비화석연료 비중(2019년)



자료: OECD ilibrary, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oeed_bv_id=enestats-data-en&oi=data-00514-en(최종접속일: 2021.7.23.)을 바탕으로 저자 작성

- 2) ETI 등 대표적인 지표들도 재생에너지 그 자체를 강조하기보다는 ‘지속가능성’에 초점이 있다고 하겠다. 따라서 특정 에너지원이 ‘지속가능성’ 기준에 얼마나 부합하는지 평가하는 것이 관건이 될 것인데, 최근 EU에서 분류체계(EU-taxonomy) 수립과 관련하여 천연가스나 원자력이 ‘지속가능성’에 부합하는지 여부에 대해 여전히 논란이 되고 있다. EU에서 이와 관련된 결론을 금년 연말까지는 내용을 예정이므로, 이것이 앞으로 관련 지표들에 어떤 영향을 줄지도 살펴볼 필요가 있다.

그런데, 에너지시스템이 전환된 ‘결과’를 측정한다고 한다면 위와 같은 문제가 두드러지겠지만, 최근 들어 에너지전환은 종전의 탈탄소 등의 의미를 넘어 보다 다양한 측면을 아우르는 문제로 그 의미가 확장되고 있다. 서로 다른 에너지원 간의 연계와 통합이 중요시되고 있고, 전력 중심으로의 ‘전기화(electrification)’도 강조되고 있다. 전력부문에서는 간헐적(intermittent) 재생에너지 확대에 대응하여 전력시스템의 안정성 제고가 화두가 되고 있다. 국가 경제 측면에서는 에너지시스템 전환으로 인한 일자리 문제 및 부문 간의 ‘공정성’ 문제가 화두가 되고 있다.

따라서 단순히 ‘재생에너지 비중이 얼마나 되는가?’의 문제만 따지는 것은 일시적인 국가 간 정량지표로는 의미가 있겠지만, 각 국가가 정책적 관점에서 참고하고 이를 내재화시키는 데에는 한계가 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 에너지전환을 ‘전환’ 그 자체에 초점을 맞추고 이에 수반되는 다양한 측면들을 종합적으로 아우르는 지표체계의 정립이 요구된다. 이에 본 연구에서는 기존의 지표들이 에너지전환의 다양한 측면들과 최근 트렌드들을 담아내기에 적절한지 비판적으로 검토하고, 이에 대한 대안을 제시하면서 몇몇 지표들에 대한 주요국과의 비교를 통해 시사점을 도출하고자 한다.

우리나라의 정책적 노력의 정도를 정량적으로 보기 위한 가장 보편적인 접근법은 최근 몇 년 동안의 변화율 위주로 국가 간 비교를 수행하는 것이다. 예를 들어, 최근 5년 동안의 재생에너지 비중의 변화율 등을 국가 간에 비교할 수도 있다. 이는 앞에서 언급했던 다양한 측면을 포괄할 수 있는 지표 개발 없이도 기존 지표체계에서 충분히 가능한 일이다. 그러나 이럴 경우 최근의 노력 정도를 보여주는 것 이상의

정책적 시사점이나 실제적인 노력의 정도를 보여주는 데에는 한계가 있다. 더욱이 현재 정부가 대대적으로 추진하고 있으나 가시적인 실적이 아직은 미미한 분야의 경우 시계열적인 접근은 큰 의미가 없다. 본 연구에서는 통시적인 접근 대신, 에너지전환의 다양한 측면들 각각에 대한 특정 시점에서의 성과 측정 방법을 취하고자 한다. 이를 통해 지표체계를 보다 단순하게 하면서도 정책적 시사점을 충분히 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

2. 연구 목적 및 주요내용

본 연구는 에너지전환 성과지표로 알려진 대표적인 몇몇 지표체계에 대한 고찰을 바탕으로 우리나라 에너지전환정책의 실상을 제대로 보여줄 수 있는 대안적 지표체계를 제시하는 것을 목적으로 한다. 또한 이를 바탕으로 주요국들과 상대비교를 하여 우리나라 에너지전환정책에 대한 시사점을 도출하고자 한다.

기존 연구들은 각 국가별 현 상황의 이해를 위한 현황 및 정책의 소개에 초점을 맞추고 있으며, 평가와 관련해서도 실제적인 평가결과보다는 방법론 소개에 그치는 경우가 많았다. 대표적인 연구를 보면, 양의식(2019)은 세계 주요 에너지전환정책 선도국가들이 추진하는 에너지전환정책 기조와 성과를 점검하였다. 독일, 영국, 프랑스, 일본이 추진하는 에너지전환정책의 내용과 그 과정에서 변화된 에너지소비구조를 분석하고 당면과제에 대해 논의하였다. 양의식·김태환(2020)은 에너지전환 선도국인 독일, 영국, 프랑스, 일본의 에너지전환정책 추진 현황 분석을 통해 다른 국가들이 에너지시스템 지속가능성 도모를 위해 나아가야할 방향을 제시하였다. 또한 세계적인 에너지전환 추세에

대응하기 위한 중동 산유국들의 에너지전환정책 현안 및 대응방안들을 분석하였다.

본 연구는 기존 연구자료 및 해외자료들을 바탕으로 현존 평가지표들을 분석하여 평가지표의 개선방향을 도출하고, 이를 바탕으로 국가간 에너지전환 현황의 상대비교의 예시를 보여주기 위한 것이다. 개선된 지표체계 예시안을 통해 에너지전환을 선도하는 6개 주요국³⁾들과 우리나라의 에너지전환정책 추진 현황을 상대비교하여 기존의 대표적인 지표체계들이 가진 문제점을 드러내고 향후 우리나라 에너지전환정책 방향성에 대한 시사점을 도출한다.

연구의 세부 내용은 다음과 같다. 제2장에서는 현존하는 에너지전환 성과 지표들을 살펴보고 각 평가지표들의 문제점에 대하여 논의한다. 제3장에서는 독일의 모니터링 지표 및 제2장에서 도출된 기존 지표들의 한계점 분석 결과를 바탕으로 에너지전환 평가지표의 개선방향에 대해 살펴본다. 제4장에서는 개선된 지표체계의 예시를 제안하며, 이를 바탕으로 몇몇 지표들에 대해 주요국과 상대비교를 수행한다. 제5장에서는 이상에서 도출된 내용을 바탕으로 우리나라 에너지전환정책 추진을 위한 시사점을 제시한다.

3) 경제발전 정도, 인구규모, 에너지전환정책의 선도적 위상 등을 고려하여 독일, 영국, 프랑스, 미국, 일본, 중국을 선정하였다.

제2장 기존 에너지전환 성과지표 평가

본 장에서는 국제적으로 널리 알려져 있는 주요 에너지전환 성과지표들에 대해 대략적으로 살펴보고 각각의 한계점을 고찰해본다. 특히 직접적으로 에너지전환과의 관련성을 표방하면서 최근 빈번하게 인용되고 있는 WEF의 에너지전환지수(ETI)에 내재된 문제점을 상세하게 분석한다.

1. 주요 지표들의 개요

1.1. WEF의 에너지전환지수(Energy Transition Index, ETI)

세계경제포럼(World Energy Forum, WEF)은 에너지전환을 “더욱 포괄적이고 지속가능하며 적절한 가격수준을 가지면서 에너지 안보를 달성할 수 있는 에너지시스템으로의 전환”(WEF, 2020, p.12)⁴⁾으로 정의하고 매년 세계 각국의 에너지시스템 전환 성과를 평가하는 에너지전환지수(Energy Transition Index, ETI)를 발표하고 있다.

ETI는 국가별 에너지전환 상태를 비교하여 평가하기 위한 분석적 프레임워크 성격을 가진다. ETI는 ‘시스템성과(system performance)’ 50%와 ‘전환준비성(transition readiness)’ 50%로 구성되며 총 40개의 세부 지표로 구성되어 있다.⁵⁾ ‘시스템성과’에는 경제발전, 환경적 지속

4) WEF(2020, p12)의 원문에는 다음과 같이 정의되어 있다. “An effective energy transition is a timely transition towards a more inclusive, sustainable, affordable and secure energy system that provides solutions to global energy-related challenges.”

5) 본 문단은 에너지경제연구원(2020.6.29.), pp.3-4를 참고하여 작성되었다.

가능성, 에너지안보 및 접근성 등 3개의 부문으로 이루어져 있으며, ‘전환준비성’에는 에너지전환을 위한 정책합의, 투자, 인프라, 인적자본, 소비자 참여 등 전반적인 사회경제적 환경을 평가하는 6개의 부문들로 구성되어 있다. ETI의 시스템성과 부문과 전환준비성 부문은 각각 0%-100%로 정규화 되어 평가되며, 최종적으로 두 부문이 합산된 에너지전환지수 또한 0%-100% 구간 내 값으로 평가된다.

ETI의 2019년 기준 지수의 지표 구성 및 가중치는 <표 2-1>와 같다. 사실 2019년 지표체계는 이후 2020년판과 2021년판을 거치면서 일부 항목에서 약간의 변화가 있었으나, 기본 바탕은 크게 차이나지 않는다. 이에 가장 상세한 설명이 있는 WEF(2019)의 내용을 바탕으로 정리하였으며, 이후에 변화된 사항은 <표 2-2>에 정리하였다.

〈표 2-1〉 WEF의 ETI 지표 구성 및 가중치(2019년판)

부문 (가중치)	지수 분류 (가중치)	세부 지표 (가중치)
시스템 성과 (50%)	경제발전 (33%)	가정용 전력 가격, PPP US\$/kWh (20%) (-)
		산업용 전력 가격, PPP US\$/kWh (10%) (-)
		도매 가스 가격, US\$/MMBtu (10%) (-)
		에너지 보조금, % GDP (20%) (-)
		외부효과 비용, % GDP (20%) (-)
		에너지 수출, % GDP (10%)
		에너지 수입, % GDP (10%) (-)
	환경적 지속가능성 (33%)	초미세먼지, $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ (25%) (-)
		에너지 집약도, MJ/PPP GDP (25%) (-)
		1인당 이산화탄소 배출 (25%) (-)
		이산화탄소 집약도, CO2/TPES (25%) (-)

전환 준비성 (50%)	에너지안보와 접근성 (33%)	전기화 비율, 인구 중 비율 (17%)
		고체연료 이용, 인구 중 비율 (17%)
		에너지 순수입, TPES 중 비율 (11%) (-)
		TPES 다양성, 허핀달 지수 (11%) (-)
		에너지 수입 다양성, 허핀달 지수 (11%) (-)
		전력 공급 품질, 점수 0~100 (33%)
	자본과 투자 (17%)	투자 자유도, 점수 0~100 (25%)
		신용 접근성, 점수 0~100 (25%)
		신규 재생에너지 발전설비, 증가율 (25%)
		에너지효율 투자, 전체 중 비율 (25%)
	규제와 정책 합의 (17%)	NDC 공약, 점수 0~1 (33%)
		정책 안정성, 점수 0~7 (33%)
		에너지효율성 규제, 점수 0~100 (11%)
		재생에너지 규제, 점수 0~100 (11%)
	제도와 거버넌스 (17%)	에너지 접근성 규제, 점수 0~100 (11%)
		부패, 점수 0~100 (33%)
		법치, 점수 0~100 (33%)
	사회기반시설과 혁신적 사업 환경 (17%)	신용도, 점수 0~1 (33%)
		물류 성과, 점수 0~5 (25%)
		수송부문 사회기반시설, 점수 1~7 (25%)
		기술 가용성, 점수 1~7 (25%)
	인적자본과 소비자 참여 (17%)	혁신적인 사업 환경, 점수 1~7 (25%)
		저탄소 산업부문 일자리, 비율 (50%)
	에너지시스템 구조 (17%)	교육의 질, 점수 1~7 (50%)
		1인당 에너지 공급, 1인당 GJ (33%) (-)
		재생에너지 전력비중, 전체 중 비율 (11%)
		석탄전력 비중, 전체 중 비율 (11%) (-)
		에너지시스템 유연성, 전체 전력 중 수력·가스·석유 비율 (11%)

		세계 화석연료 매장량 비중, 비율 (33%) (-)
--	--	------------------------------

자료: WEF(2019), p.31; 에너지경제연구원(2020.6.29.), p.5에서 재인용 및 일부 수정
 주: TPES는 1차 에너지 공급(Total Primary Energy Supply)을 의미한다.

세부지표 중 (-) 표시는 해당 측정치가 성과점수와 반비례하는 지표들을 의미한다.

〈표 2-2〉 ETI 지표의 2019년판 대비 변경내역

부문 (가중치)	지수 분류 (가중치)	2020년판	2021년판
시스템 성과 (50%) 변동없음	경제발전 (33%) 변동없음	<ul style="list-style-type: none"> 가정용 전력가격이 ‘Affordability’로 명칭 변경된 것으로 추정 산업용 전력가격과 도매가스가격이 합쳐져 ‘Industrial competitiveness’로 명칭 변경된 것으로 추정 에너지수출과 수입 지표가 합쳐져 ‘GDP contribution’으로 명칭 변경된 것으로 추정 에너지 보조금은 ‘화석연료 보조금’으로 의미 명확화 	<ul style="list-style-type: none"> 2020년도와 동일
	환경적 지속가능성 (33%) 변동없음	<ul style="list-style-type: none"> 초미세먼지 지표가 ‘대기오염’으로 광의의 명칭으로 대체 	<ul style="list-style-type: none"> 2020년도와 동일
	에너지안보와 접근성 (33%) 변동없음	<ul style="list-style-type: none"> 전력공급품질이 ‘Quality of supply’로 명칭변경된 것으로 추정 전기화 비중 및 고체연료 이용 비중이 합쳐져 ‘Energy access’로 명칭 변경된 것으로 추정 	<ul style="list-style-type: none"> ‘Security of supply’의 가중치가 2020년 33%에서 2021년에 50%로 상향 반면, ‘Quality of supply’ 가중치는 33%에서 17%로 하향 조정

		<ul style="list-style-type: none"> 에너지 순수입, TPES 다양성, 에너지수입 다양성이 합쳐져 'Security of supply'로 통합 및 명칭 변경된 것으로 추정 	
<p>전환 준비성 (50%)</p> <p>변동없음</p>	<p>자본과 투자 (17%)</p> <p>변동없음</p>	<ul style="list-style-type: none"> 투자자유도가 'Ability of invest'로 변경 신용접근성이 'Access to capital'로 변경 신규 재생에너지 발전설비는 'Recent investment into RES'로 변경 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 4개 세부지표 중 'Recent investment into EE'가 삭제되면서, 3개 지표 각각 33% 가중치로 변화됨.
	<p>규제와 정책 합의 (17%)</p> <p>변동없음</p>	<ul style="list-style-type: none"> NDC 공약이 'Commitment to internatioal agreement'로 변경 에너지효율성 규제, 재생에너지 규제, 에너지접근성 규제 등이 'Regulation to support EE, RES, Access'로 통합 	<ul style="list-style-type: none"> NDC공약과 정책안정성에 각각 33%이던 가중치가 각각 20%로 하향 반면 'Regulation to support EE, RES, Access'는 60%로 대폭 상향
	<p>제도와 거버넌스 (17%)</p> <p>변동없음</p>	<ul style="list-style-type: none"> 부패 지표는 'Transparency & political stability'로, 신용도 지표는 'Stable finance'로 명칭 변경 	<ul style="list-style-type: none"> 2020년도와 동일
	<p>사회기반시설과 혁신적 사업환경 (17%)</p> <p>변동없음</p>	<ul style="list-style-type: none"> 기술가용성 지표가 삭제되면서 나머지 3개 지표 가중치가 각각 33%로 상향 조정 	<ul style="list-style-type: none"> 2020년도와 동일
	<p>인적자본과 소비자 참여 (17%)</p> <p>변동없음</p>	<ul style="list-style-type: none"> 저탄소 산업부문 일자리가 'Jobs in renewable energy sector'로 명칭 변경 	<ul style="list-style-type: none"> 2020년도와 동일

	에너지시스템 구조 (17%) 변동없음	<ul style="list-style-type: none"> • 세계 화석연료 매장량 비중이 'Fossil fuel dependency'로 변경된 것으로 추정 • 1인당 에너지공급 지표가 'Energy demand growth'로 변경된 것으로 추정 • 재생에너지 전력비중, 석탄 전력비중, 에너지시스템 유연성 지표들이 'Electricity energy mix'로 통합 	<ul style="list-style-type: none"> • 'Electricity energy mix' 지표가 기존 33% 가중치에서 60%로 상향 • 다른 두 지표는 기존 33%에서 각각 20%로 가중치 하향
--	-----------------------------------	---	---

자료: WEF(2019, 2020, 2021)를 바탕으로 저자 작성

2019년 지표체계와 비교할 때 이후에 명칭이 바뀌면서 세부지표들도 바뀐 것처럼 보이지만, WEF에서 제공하는 국가별 평가 상세내용⁶⁾을 보면 세부지표 자체는 2019년도와 본질적으로 다르지 않다. 다만 일부 지표를 통합하거나 삭제하고 가중치를 일부 조정하는 등의 변화만 있었을 뿐이다.

최근 WEF의 ETI가 에너지전환 평가에 있어 가장 빈번하게 인용되고 있다. 그리고 세부지표들에 있어서도 다음 소절들에서 소개할 다른 지표들에 비해 에너지전환과 가장 연관성이 높은 것으로 판단된다. 이에 ETI를 중점 분석대상으로 하여 다음 절에서 보다 상세히 분석해보고자 한다.

6) World Economic Forum, <https://www.weforum.org/reports/1edb4488-deb4-4151-9d4f-ff355ecc499a/in-full/country-deep-dives> (최종접속일: 2021.7.15.)

1.2. WEC의 에너지트릴레마지수(Energy Trilemma Index)⁷⁾

세계에너지총회(World Energy Council, WEC)는 2010년부터 매년 세계 각국의 에너지시스템 건전성을 평가하기 위해 에너지 트릴레마 지수(Energy Trilemma Index)를 발표하였다. 에너지 트릴레마 지수는 ‘에너지안보’ 30%, ‘에너지 형평성’ 30%, ‘환경적 지속가능성’ 30%와 ‘국가 고유특성(country context)’ 10%를 반영하여 종합 지수를 산출하며 총 32개의 세부지표로 구성되어 있다. ‘에너지 안보’ 부문에서는 현재 및 미래 에너지 수요를 안정적으로 충족할 수 있고 공급혼란을 최소화하며 에너지시스템에 가해지는 충격을 견디고 빠르게 회복할 수 있는 역량을 평가하며, ‘에너지 형평성’ 부문에서는 적정 수준에서 공정하게 책정된 가격으로 국민에게 에너지에 대한 보편적인 접근을 제공할 수 있는 역량을 평가한다. ‘환경적 지속가능성’은 잠재적인 환경 피해와 기후변화의 영향을 완화 또는 회피할 수 있게 하는 에너지시스템으로 전환하고 있는지 평가하는 항목이다. 마지막으로 ‘국가 고유특성’ 부문에서는 국가가 효과적으로 에너지 정책을 수립하고 갖추고 있는지에 대해 평가한다. 에너지 트릴레마 지수는 각 평가지표별로 0-100점으로 정규화 되며, 각 지표의 가중치를 반영하여 합산되어 최종적으로 0-100점으로 정규화된 국가별 에너지 트릴레마 종합점수로 발표된다. 에너지 트릴레마 지수의 지표구성 및 가중치는 <표 2-3>와 같다.

7) 본 소절은 에너지경제연구원(2019.12.9.) pp.3-5와 이상준 외(2021), pp. 63-64를 참고하여 작성되었다.

〈표 2-3〉 에너지 트릴레마 지수 지표 구성 및 가중치

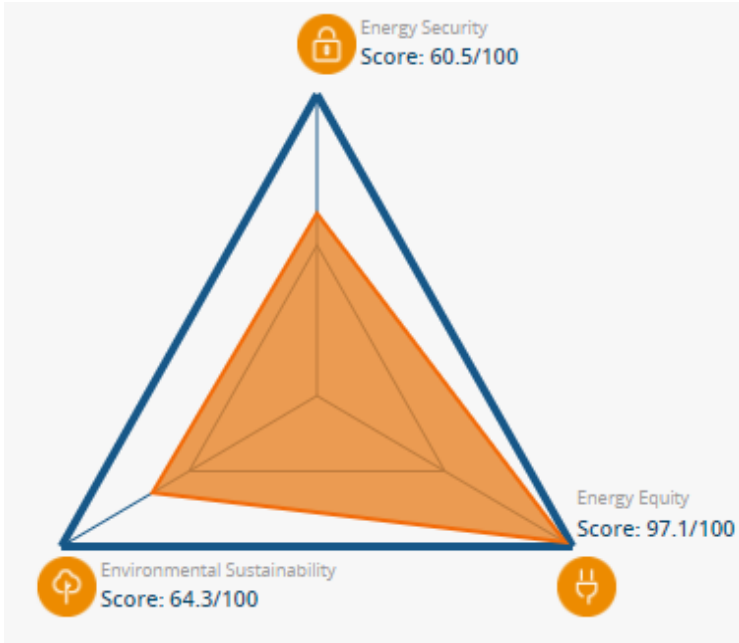
항목 (가중치)	지수 분류 (가중치)	세부 지표 (가중치)
에너지 안보 (30%)	공급안정과 에너지 수요 (12%)	1차에너지 공급 다양성 (6%)
		수입의존도 (6%)
	에너지시스템 회복력 (18%)	전력공급 다양성 (6%)
		에너지 저장설비 (6%)
		시스템 안정성과 회복 역량 (6%)
에너지 형평성 (30%)	에너지 접근성 (12%)	전력 접근성 (6%)
		청정 취사 접근성 (6%)
	고품질 에너지 접근성 (6%)	‘현대적’ 에너지 접근성 (6%)
	가격 적정성 (12%)	전력가격 (3%)
		휘발유와 경유 가격 (3%)
		천연가스 가격 (3%)
		가정용 전력의 가격 적정성 (3%)
환경적 지속가능성 (30%)	에너지원의 생산성 (9%)	최종 에너지 집약도 (5%)
		발전 및 송배전 효율 (4%)
	탈탄소화 (9%)	저탄소 발전 (5%)
		이산화탄소 배출 추세 (4%)
	배출량과 오염 (12%)	이산화탄소 집약도 (2%)
		1인당 이산화탄소 배출량 (1%)
		1 인당 메탄 배출량 (1%)
		초미세먼지 연평균 노출 (4%)
		미세먼지 연평균 노출 (4%)
국가 고유특성 (10%)	거시경제적 환경 (2%)	거시경제적 안정성 (2%)

	거버넌스 (4%)	정부의 효율성 (1%)
		정치적 안정성 (1%)
		법규 (1%)
		규제 품질 (1%)
	투자 안정성과 혁신 (4%)	외국직접투자 순유입(1%)
		사업 용의도 (1%)
		부패에 대한 인식 (0.5%)
		규제에 대한 이의제기 사법제도의 효율성 (0.5%)
		지적재산권 보호 (0.5%)
		혁신 역량 (0.5%)

자료: WEC(2020), p.62; 에너지경제연구원(2019.12.9.), p.5를 바탕으로 저자 작성한 것을 이상준 외(2021), p.65에서 재인용

에너지 트릴레마 지수는 국가별 종합등급으로도 발표된다. ‘에너지 안보’, ‘에너지 형평성’, ‘환경적 지속가능성’ 세 부문에 대하여 점수가 상위 25%인 경우 A등급, 상위 25-50%인 경우 B등급, 상위 50-75%인 경우 C등급, 그리고 상위 75-100%인 경우 D 등급을 부여한다. 에너지 트릴레마 종합등급은 세 부문의 등급을 합하여 표시한 것으로, 에너지 안보가 A등급, 에너지 형평성이 C등급, 환경적 지속가능성이 B등급 이라면 그 국가의 종합등급은 ACB가 된다. 또한 WEC는 ‘에너지 안보’, ‘에너지 형평성’, ‘환경적 지속가능성’ 세 부문의 점수를 이용하여 국가별 트릴레마 삼각형을 발표하는데, 예시로 <그림 2-1>는 한국의 에너지 트릴레마 삼각형을 보여준다.

[그림 2-1] 한국의 트릴레마 삼각형 (2020년)



자료: WEC 트릴레마 홈페이지(검색일:2021.7.23.), [https://trilemma.worldenergy.org/#!/country-profile?country=Korea%20\(Rep.\)&year=2020](https://trilemma.worldenergy.org/#!/country-profile?country=Korea%20(Rep.)&year=2020)

WEC의 에너지 트릴레마 지수는 에너지시스템의 건전성을 판단하는데 많이 사용되는 지표이다. 그렇다보니 WEF의 ETI와 비교했을 때, ETI의 ‘시스템성과’ 부분과 유사한 구성을 보이고 있으며, ETI의 ‘전환준비성’ 부문에 해당하는 내용은 상대적으로 취약하다. 즉 에너지전환을 위한 준비상태나 노력을 측정하기 보다는 지금 현 상태에서의 결과적 측면에 보다 초점을 맞추고 있다.

물론, 10%의 가중치로 국가 고유특성 항목을 통해 정책적 환경에 대한 평가를 하고 있으나, 에너지 분야와 직접적으로 연관이 있는 내

용이 부족하다. 이로 인해 해당 국가가 재생에너지, 에너지효율, 온실가스 저감 등 구체적인 영역에 있어 얼마나 노력을 하고 있는지 이 지표체계 하에서는 파악하기가 상당히 어렵다.

이상을 종합해봤을 때, 에너지 트릴레마 지수는 WEF의 ETI 지표에 비해 에너지전환 성과를 판단하는 지표로 삼기에는 무리가 있다고 판단된다. 그러나 현 시점에서의 에너지전환 성과를 평가하기에는 WEF의 ETI와 어느 정도 유사한 수준의 활용도를 보여줄 것으로 보인다.

1.3. 세계은행의 에너지 지속가능성 규제 지표(RISE)⁸⁾

세계은행은 2010년부터 에너지 지속가능성 규제 지표(Regulatory Indicators for Sustainable Energy, RISE)를 발표하였다. RISE는 유엔의 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals) 중 ‘적정한 가격에 신뢰할 수 있고 지속가능한 현대적인 에너지에 대한 접근을 보장’⁹⁾하는 SDG7⁹⁾을 달성하기 위해 각국의 정책과 제도를 평가하는 지표이다. RISE는 ‘전력 접근성’, 에너지 효율’, ‘재생에너지’, ‘청정 취사’ 등 총 4개 항목으로 구성되어 있으며, 이를 평가하기 위한 총 30개의 하위 지표로 구성되었다. 하위지표는 100점 만점을 기준으로 국가별 에너지전문가의 응답을 통해 평가되며, 각 부문별 점수 및 전체 점수는 개별 하위지표 점수의 산술 평균으로 산출된다. 세계은행의 RISE 지표 구성은 <표 2-4>와 같다.

8) 본 소절은 이상준 외(2021), p71을 참고로 작성되었다.

9) “Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all,” The United Nations, <https://sdgs.un.org/goals/goal7> (최종접속일: 2021.7.20.)

〈표 2-4〉 세계은행 RISE 지표 구성

부문	코드	지표
전력접근성1)	EA1	공식적으로 승인된 전기화 계획의 존재 및 모니터링
	EA2	공식적으로 승인된 전기화 계획의 범위
	EA3	그리드 전기화의 체계
	EA4	소형 그리드의 체계
	EA5	독립형 시스템의 체계
	EA6	전기요금 적정성
	EA7	설비의 투명성 및 모니터링
	EA8	설비의 신용도
에너지 효율	EE1	국가 에너지 효율 계획
	EE2	에너지 효율 관련 기관
	EE3	인센티브 및 의무 (산업 · 상업 부문)
	EE4	인센티브 및 의무 (공공 부문)
	EE5	인센티브 및 의무 (에너지공급자)
	EE6	에너지효율 파이낸싱
	EE7	최저효율제
	EE8	에너지효율등급제
	EE9	건물에너지효율기준
	EE10	수송 부문
	EE11	카본 프라이싱 및 모니터링
재생에너지	RE1	재생에너지 관련 법적 체계
	RE2	재생에너지 확대를 위한 계획
	RE3	재생에너지 관련 인센티브 및 규제 지원
	RE4	금융 및 규제 지원의 속성
	RE5	전력망 접속 및 사용
	RE6	거래상대방 위험
	RE7	카본 프라이싱 (Carbon pricing) 및 모니터링
청정 취사2)	CC1	계획

	CC2	계획의 범위
	CC3	표준 및 라벨링
	CC4	인센티브 및 속성

주: 1) ‘전력 접근성’ 부문은 일부 국가들(남아시아, 라틴아메리카 및 카리브해 지역, 동아시아 및 태평양, 사하라이남 아프리카)이 대상; 2) ‘청정 취사’ 부문은 인도, 네팔, 중국, 인도네시아, 라오스, 아이티, 과테말라, 가나, 케냐, 마다가스카르, 르완다, 우간다가 평가 대상임.

자료: The World Bank Group, RISE, <https://rise.worldbank.org> (검색일: 2021.07.23.); ES MAP(2018); 이상준 외(2021), p. 72에서 재인용

세계은행의 RISE 지표는 에너지 지속가능성 측면에서 충분한 정책 및 제도가 마련되었는지를 평가하는 지표이다. 국가 차원의 상위 목표 보다는 전기화, 에너지효율, 재생에너지 등 하위의 구체적인 수단들과 직접적으로 연관이 있는 계획이나 제도들에 초점을 맞추고 있어 종합적인 평가에는 한계가 있다. 특히, 네 개의 대분류 항목 중 청정취사 항목은 특별히 개발경제학 관점에서 고안된 지표로 판단된다. 따라서 이를 기반으로 에너지전환 성과 및 정책 목표 달성 여부를 판단하는 것에는 한계가 있을 것으로 보인다.

1.4. IEA의 에너지전환 지표(Energy Transition Indicators)¹⁰⁾

국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)는 1990년부터 각국의 에너지전환과 관련된 자료(dataset)를 에너지전환 지표(Energy Transition Indicator)로 묶어 제공한다. IEA의 에너지전환 지표는 단일 지수가 아닌 순위 없는 데이터의 형태로 에너지전환 정도를 파악할 수 있는 18개의 지표로 제공된다. IEA 에너지전환 지표의 구성은 <표 2-5>와 같다.

10) 이상준 외(2021), p.67을 참고로 작성되었다.

〈표 2-5〉 IEA 에너지전환 지표 구성

순서	지표
1	에너지원별 이산화탄소 배출 (MtCO ₂)
2	부문별 이산화탄소 배출 (MtCO ₂)
3	이산화탄소 배출요인 지수 (2000=100)
4	전력 · 열 부문의 에너지원별 이산화탄소 배출 (MtCO ₂)
5	전력공급 이산화탄소 배출요인 지수 (2000=100)
6	GDP 당 이산화탄소 배출 (kgCO /2015 USD)
7	GDP(PPP) 당 이산화탄소 배출 (kgCO /2015 USD)
8	발전 부문 이산화탄소 집약도 (index, 2000=100)
9	산업 부문 에너지 소비의 탄소 집약도 (gCO ₂ /MJ)
10	도로 수송 부문 에너지 소비의 탄소 집약도 (gCO ₂ /MJ)
11	최종에너지 소비의 탄소 집약도 (gCO ₂ /MJ)
12	수송 에너지 소비 중 바이오연료 비중 (%)
13	에너지원별 발전량 비중 (%)
14	부문별 최종에너지 소비 비중 (%)
15	GDP 당 총에너지공급 (toe/thousand 2015 USD)
16	GDP(PPP) 당 총에너지공급 (toe/thousand 2015 USD)
17	1 인당 총에너지공급 (toe/capita)
18	부문별 최종에너지소비 (ktoe)

자료: 이상준 외(2021), p. 68에서 인용

IEA의 에너지전환 지표의 경우 요인분해 개념을 바탕으로 하여 다소 기술적이고 직관적으로 이해하기 어렵다는 특성이 있다. 또한, 에너지원별, 부문별 에너지 및 온실가스 데이터 위주로 구성되어 에너지전환정책 추진 성과를 평가하는데 있어 어떠한 연관성이 있는지 해석하는데 한계가 있는 것으로 판단된다.

2. WEF의 ETI 상세분석

본 절에서는 WEF의 ETI를 중점적으로 분석하여 현재 통용되는 대표적인 에너지전환 성과지표들의 문제점에 대해 고찰해보고자 한다. 우선 우리나라와 주요국들의 평가 결과 추이를 살펴보고 분야별 점수를 비교하면서 동 지표가 가지는 문제점을 도출한다. 그 다음으로는 개도국 중 ETI 종합순위에서 우리보다 상위에 있는 개도국들과 상세 내용을 비교함으로써 지표체계에 문제점이 없는지 살펴본다.

2.1. 주요국과의 비교 (2019년판 vs 2021년판)

우리나라는 2019년 이후 3개년동안 ETI의 종합순위에 큰 변화가 없었다. 이는 중국과 일본을 제외한 주요국 대부분의 경우에도 마찬가지이다. 중국은 2019년 82위에서 2021년에는 68위를 기록한 반면, 일본은 2019년 18위에서 2021년에 37위로 대폭 하락하였다.

〈표 2-6〉 한국 및 주요국 ETI 순위 변화

연도	2019	2020	2021
한국	48위	52위	49위
미국	27위	21위	24위
영국	7위	7위	7위
프랑스	8위	9위	9위
독일	17위	16위	18위
중국	82위	76위	68위
일본	18위	33위	37위

자료: WEF(2019,2020,2021)을 바탕으로 저자 작성

주요국들의 순위에 큰 변화가 없다는 것은 중국을 제외하고는 대부분 경제발전이 성숙단계로서 에너지와 관련된 각 부문이 전반적으로 큰 변화가 없었고, 또한 앞부분에서 살펴본 바대로 지표체계도 해당 기간 동안 큰 변화가 없었다는 것을 암시하는 것이다. 따라서 보다 의미있는 분석을 위해서는 세부지표 차원에서 상세한 내용을 파악하는 것이 필요하다. 이에 ETI를 구성하는 9개 대분류 분야 중 지표체계의 문제점을 보여주는 분야들만을 대상으로 점수 비교를 하였다.

첫째로 경제발전 분야에서는 비용적인 면에 초점이 맞춰진 것을 볼 수 있다. 전력, 가스 등의 전력가격이 낮을수록 점수는 높아지도록 설계되어 있는데, 이는 에너지비용 부담이 낮아지면 경제발전이나 에너지 접근성 향상에 도움이 된다는 가정을 바탕으로 한 것으로 보인다. 또한 외부효과 비용이 낮아지는 경우에도 점수가 상승하게 된다.

그러나 과연 낮은 수준의 에너지비용으로 인해 ‘에너지전환’의 성과 점수가 높아지는 것이 과연 적절한지 의문점이 있다. 오히려 기존 에너지가격이 높으면 재생에너지 등 대체에너지의 확대가 더 용이할 수도 있는데, ETI 지표는 이러한 효과가 반영되어 있지 않다. 예를 들어, 만약 전력가격이 상대적으로 저렴하여 해당 국가의 경제발전이 도움이 된다 하더라도, 저렴한 전력가격이 화석연료 발전으로 인한 것이라면 에너지시스템 전환 성과라고 보기 어려울 것이다.

물론 외부효과 비용도 반영함으로써 이러한 문제점이 어느 정도 상쇄되도록 한 것으로도 보인다. 그러나 뒤에서 살펴보겠지만 저개발국에서처럼 원래의 자연조건이 좋아 외부효과 비용이 낮은 경우도 많다. 따라서 낮은 에너지비용으로 인한 부작용이 외부효과 비용 지표로 정확히 상쇄된다고 보기도 어렵다.

〈표 2-7〉 경제발전 분야 주요국 점수 변화

연도	세부 지표 (가중치)	한국	미국	영국	프랑스	독일	중국	일본
2019년판	가정용 전력 가격, PPP US ¢/kWh (20%)	14.07	12.9	22.04	20.99	39.11	13.48	23.87
	산업용 전력 가격, PPP US ¢/kWh (10%)	8.50	22.8	17.20	13.00	32.20	15.50	18.60
	도매 가스 가격, US\$/M MBtu (10%)	8.13	2.93	5.70	5.78	6.50	7.34	8.02
	에너지 보조금, % GDP (20%)	0.00	0.07	0.02	0.01	0.08	0.00	0.00
	외부효과 비용, % GDP (20%)	4.67	3.75	1.36	1.02	1.34	20.13	3.22
	에너지 수출, % GDP (10%)	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
	에너지 수입, % GDP (10%)	0.07	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03
	총점 (100%)	65.2	70.9	67.8	69.6	52.7	51.0	60.2
2021년 판 ¹¹⁾	가정용 전력 가격, PPP US ¢/kWh (20%)	13.87	13.04	26.93	24.31	40.47	12.96	27.24
	산업용 전력 가격, PPP US ¢/kWh (10%)	11.40	18.1	17.70	13.60	25.60	14.60	21.20
	도매 가스 가격, US\$/M MBtu (10%)	10.03	2.58	5.20	5.68	6.21	7.99	10.03
	에너지 보조금, % GDP (20%)	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.25	0.01
	외부효과 비용, % GDP (20%)	3.86	3.47	1.50	1.38	2.34	14.67	3.68
	에너지 수출, % GDP (10%)	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
	에너지 수입, % GDP (10%)	0.08	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03
	총점 (100%)	62.1	68.7	63.2	66.1	50.7	55.8	54.1

자료: WEF(2019,2021); <https://reports.weforum.org/fostering-effective-energy-transition-2019/energy-transition-index/country-scorecards/> (최종접속일: 2021.7.15.); <https://www.weforum.org/reports/1edb4488-deb4-4151-9d4f-ff355cec499a/in-full/country-deep-dives> (최종접속일: 2021.7.15.)를 바탕으로 저자 작성

11) 2021년판은 세부지표별 가중치가 2019년판만큼 명확하지 않다. 이에 2021년 부분에서는 가중치 표시를 생략하며 이는 아래 표들도 동일하다.

환경적 지속가능성 분야는 2019년에 비해 2021년에 대부분 국가들에서 개선의 폭이 큰 가운데 우리나라는 점수가 20점 이상 증가하였다. 이 부분에서는 특이점이 없어 자세한 내용 소개는 생략한다.

다음은 에너지안보와 접근성 분야이다. 각 지표들의 세부 점수들이 특별히 큰 변화를 보이지는 않지만 합산 점수에는 비교적 큰 변화가 있다. 이는 <표 2-2>에서 정리한 바와 같이 2020년판 이후 ‘Security of supply’의 가중치가 상향되면서 나타난 결과로 보이는데, 이로 인해 에너지 수입 의존도가 높은 우리나라나 일본의 점수가 다른 국가들에 비해 크게 낮아진 것을 확인할 수 있다.

세부적으로 보면, 전기화 비율, 전력 공급 품질, 1차에너지공급(TPES) 다양성 관련 지표들은 에너지전환에서 중요한 의미를 가지므로 적절한 것으로 판단된다. 그러나 에너지 수입 비중이 과연 에너지 전환의 성과와 큰 관련성이 있는지는 짚어봐야 한다. 예를 들어, 지리적 여건으로 인해 해외로부터 청정수소를 들여오는 비중이 늘어난다고 할 경우 본 지표체계에서는 점수가 하락할 수밖에 없다. 그리고 에너지 수입 다양성 지표는 일반적인 에너지안보와 관련된 지표이므로 특별히 ‘전환’과 관련된 의미를 가진다고 보기는 어렵다.

〈표 2-8〉 에너지안보와 접근성 분야 주요국 점수 변화

연도	세부 지표 (가중치)	한국	미국	영국	프랑스	독일	중국	일본
2019년판	전기화 비율, 인구 중 비율 (17%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	고체연료 이용, 인구 중 비율 (17%)	97.0	100.0	100.0	100.0	100.0	59.0	100.0
	에너지 순수입, TPES 중 비율 (11%)	0.87	0.12	0.38	0.48	0.66	0.19	0.94
	TPES 다양성, 허핀달	0.07	0.16	0.18	0.06	0.13	0.04	0.10

	지수 (11%)							
	에너지 수입 다양성, 허편달 지수 (11%)	0.19	0.17	0.20	0.21	0.14	0.39	0.22
	전력 공급 품질, 점수 0~100 (33%)	8.0	7.2	8.0	8.0	8.0	5.0	8.0
	총점 (100%)	91.9	88.3	91.0	92.3	92.3	70.9	91.8
2021년판	전기화 비율, 인구 중 비율	100.00	100.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	고체연료 이용, 인구 중 비율	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	64.0	100.0
	에너지 순수입, TPES 중 비율	0.89	0.04	0.38	0.49	0.66	0.22	0.91
	TPES 다양성, 허편달 지수	0.2	0.17	0.2	0.2	0.1	0.4	0.2
	에너지 수입 다양성, 허편달 지수	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	전력 공급 품질, 점수 0~100	8.00	7.00	8.00	8.00	8.00	7.00	8.00
	총점 (100%)	82.6	93.3	90.0	89.0	86.8	82.0	81.8

자료: WEF(2019,2021); <https://reports.weforum.org/fostering-effective-energy-transition-2019/energy-transition-index/country-scorecards/> (최종접속일: 2021.7.15.); <https://www.weforum.org/reports/1edb4488-deb4-4151-9d4f-ff355ecc499a/in-full/country-deep-dives> (최종접속일: 2021.7.15.)를 바탕으로 저자 작성

자본과 투자 분야에서는, 우리나라와 미국은 신규 재생에너지 발전 설비 증가율이 향상된 영향으로 점수가 상승한 반면, 다른 국가들은 하락하였다. 참고로, WEF에서는 2021년부터 에너지효율 투자 지표는 반영하지 않았고, 점수 세부내역에서 신용 접근성 지표 자료도 공개하지 않았다. 다른 분야에서도 2021년 지표체계에 포함된 것으로 안내되었으나 실제로는 공개되지 않는 지표들이 있는데, 이들이 점수에 어떻게 반영되었는지는 추가 조사가 필요할 것으로 보인다.

〈표 2-9〉 자본과 투자 분야 주요국 점수 변화

연도	세부 지표 (가중치)	한국	미국	영국	프랑스	독일	중국	일본
2019년판	투자 자유도, 점수 0~100 (25%)	70.0	80.0	90.0	75.0	80.0	25.0	70.0
	신용 접근성, 점수 0~100 (25%)	65.0	95.0	75.0	50.0	70.0	60.0	55.0
	신규 재생에너지 발전 설비, 증가율 (25%)	n/a	0.15	0.29	0.29	0.29	0.17	0.21
	에너지효율 투자, 전체 중 비율 (25%)	0.01	0	0.05	0.01	0.04	0.05	0.03
	총점 (100%)	47.8	56.0	81.8	57.2	74.9	50.9	56.7
2021년판	투자 자유도, 점수 0~100	70.0	85.0	80.0	75.0	80.0	20.0	70.0
	신규 재생에너지 발전 설비, 증가율	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
	총점 (100%)	53.3	68.5	66.9	54.1	67.6	42.1	52.9

자료: WEF(2019,2021); <https://reports.weforum.org/fostering-effective-energy-transition-2019/energy-transition-index/country-scorecards/> (최종접속일: 2021.7.15.); <https://www.weforum.org/reports/1edb4488-deb4-4151-9d4f-ff355ecc499a/in-full/country-deep-dives> (최종접속일: 2021.7.15.)를 바탕으로 저자 작성

다음은 규제와 정책 합의 분야이다. 여기서는 NDC 공약 지표가 결정적인 영향을 미친 것으로 보인다. 2019년에 비해 2021년에 NDC 공약지표가 오른 영국, 프랑스, 독일 등의 총점이 크게 오른 것을 확인할 수 있다. 다만, 우리나라는 NDC 공약 지표 점수에는 큰 변화가 없었음에도 점수가 크게 향상되었는데, 이는 정책안정성과 에너지효율성 규제 점수의 상승 등이 어느 정도 영향을 미친 것으로 보인다.

〈표 2-10〉 규제와 정책 합의 분야 주요국 점수 변화

연도	세부 지표 (가중치)	한국	미국	영국	프랑스	독일	중국	일본
2019년판	NDC 공약, 점수 0~1 (3%)	0.40	0.33	0.47	0.47	0.47	0.73	0.73
	정책 안정성, 점수 0~7 (33%)	3.77	5.8	4.67	4.43	5.45	4.49	5.37
	에너지효율성 규제, 점수 0~100 (11%)	87.2	82	84.2	72.4	84.5	71.6	69.5
	재생에너지 규제, 점수 0~100 (11%)	83.1	58.4	90.6	86.3	96.6	66.4	77.4
	에너지 접근성 규제, 점수 0~100 (11%)	100.0	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	총점 (100%)	58.8	64.5	66.4	63.4	71.5	70.3	76.1
2021년판	NDC 공약, 점수 0~1	0.40	0.33	0.80	0.80	0.80	0.73	0.73
	정책 안정성, 점수 0~7	4.1	5.2	4.4	4.8	5.3	5.4	5.1
	에너지효율성 규제, 점수 0~100	91.6	85.1	87.1	70.9	89.0	74.6	71.3
	재생에너지 규제, 점수 0~100	72.9	56.4	90.1	87.4	95.1	69.0	78.9
	에너지 접근성 규제, 점수 0~100	100.00	100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	총점 (100%)	71.3	69.0	82.9	80.2	87.1	78.2	78.5

자료: WEF(2019,2021); <https://reports.weforum.org/fostering-effective-energy-transition-2019/energy-transition-index/country-scorecards/> (최종접속일: 2021.7.15.); <https://www.weforum.org/reports/1edb4488-deb4-4151-9d4f-ff355ecc499a/in-full/country-deep-dives> (최종접속일: 2021.7.15.)를 바탕으로 저자 작성

제도와 거버넌스 분야나 사회기반시설과 혁신적 사업환경 분야는 특기할 만한 사항이 보이지 않는다. 다만 사회기반시설 및 혁신적 사업환경 측면에서 중국의 급속한 발전을 확인할 수 있다. 본 절에서는 이 부분을 상세히 다루지 않는다.

다음은 인적자본과 소비자 참여 분야이다. 2021년에 공개된 자료에는 2019년에 있던 저탄소 산업부문 일자리 지표가 공개되고 있지 않

으나 지표체계 상으로는 여전히 반영되고 있는 것으로 보인다. 이는 공개된 점수를 통해서도 추론 가능한데, 2021년에 우리나라보다 교육의 질 지표가 낮은 영국, 프랑스, 독일, 일본의 총점이 오히려 높은 것은 나머지 지표인 저탄소 산업부문 일자리 지표가 점수에 반영되었다는 증거이다.

이 분야에서 ETI가 가진 커다란 맹점을 발견할 수 있다. 2019년판에서 저탄소 산업부문 일자리 비중은 주요국들 모두 0~0.01의 미미한 수준인데, 이것의 세부지표 가중치가 50%나 되면서 지표값의 작은 차이가 해당 분야 점수에 큰 영향을 주고 있다는 점이다. 저탄소 산업부문이라는 것의 정의도 불분명하고 그 개념도 현재 태동기이기 때문에 이를 선형적으로 그대로 점수화시키는 것이 적절한지 의문이 든다.

〈표 2-11〉 인적자본과 소비자 참여 분야 주요국 점수 변화

연도	세부 지표 (가중치)	한국	미국	영국	프랑스	독일	중국	일본
2019년판	저탄소 산업부문 일자리, 비율 (50%)	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
	교육의 질, 점수 1~7 (50%)	4.60	5.88	5.15	4.64	5.27	4.58	4.73
	총점 (100%)	32.0	57.2	45.6	42.9	61.5	47.6	46.3
2021년판	교육의 질, 점수 1~7	4.76	5.11	4.58	4.40	4.72	5.30	4.07
	총점 (100%)	33.4	50.6	40.9	41.0	56.8	53.7	40.4

자료: WEF(2019,2021); <https://reports.weforum.org/fostering-effective-energy-transition-2019/energy-transition-index/country-scorecards/> (최종접속일: 2021.7.15.); <https://www.weforum.org/reports/1edb4488-deb4-4151-9d4f-ff355ecc499a/in-full/country-deep-dives> (최종접속일: 2021.7.15.)를 바탕으로 저자 작성

마지막으로 에너지전환과 가장 직접적으로 연관이 있는 에너지시스템 구조 분야이다. 여기서는 2021년 들어 전력믹스의 가중치가 대폭 상향되어 에너지전환의 실제 양상이 잘 반영되도록 하였다. 석탄전력 비중과 재생에너지 전력 비중 지표는 각각 탈석탄과 청정화의 의미를 담아내고 있다.

그런데 에너지시스템 유연성 지표에서 청정에너지인 수력 외에 가스나 석유도 포함되어 있는 것이 적절한지에 대해서는 의문의 여지가 있다. 에너지전환이 강조되려면 유연성수단에 있어서도 화석에너지를 대체하는 방향으로의 전환이 필요할 것이다. 이는 전력공급 안정성 측면을 강조하는 전통적인 시각이 그대로 반영된 때문으로 판단된다.

한편, 화석연료 매장량(reserves) 지표가 포함되어 이것이 높을수록 점수가 하락하도록 설계되어 있는데 이것도 의문의 여지가 있는 부분이다.¹²⁾ Singh et al.(2019)의 ETI 설명에 따르면, 본 지표는 화석연료 자원 보유량이 커질수록 에너지전환에 대한 이해상충이 커질 것이란 가정에 바탕을 두고 있다. 그러나 개발되지 않은 자원에 대해 어떠한 행동도 취하지 않고 단지 보유하고 있다는 이유만으로 이를 에너지전환의 성과와 연관을 짓는 것은 다소 무리가 있을 것으로 보인다.

〈표 2-12〉 에너지시스템 구조 분야 주요국 점수 변화

연도	세부 지표 (가중치)	한국	미국	영국	프랑스	독일	중국	일본
2019년판	1인당 에너지 공급, 1인당 GJ (33%)	230.7	280.5	114.2	153.0	157.7	89.8	140.3
	재생에너지 전력비중, 전체 중 비율 (11%)	1.90	13.2	24.80	15.90	29.20	23.90	16.00
	석탄전력 비중, 전체	43.10	34.2	22.80	2.20	44.30	70.30	33.20

12) WEF 홈페이지 설명에서는 이것이 이산화탄소 배출량으로 환산되어 표기되는 것으로 나타난다.

	중 비율 (11%)							
	에너지시스템 유연성, 전체 전력 중 수력·가스·석유 비율 (11%)	25.0	38.7	32.2	13.6	13.8	21.7	55.3
	세계 화석연료 매장량 비중, 비율 (33%)	0.0	557	1.5	0.0	74.7	308.5	0.7
	총점 (100%)	42.7	13.1	45.8	47.5	11.0	11.8	47.5
2021년판	1인당 에너지 공급, 1인당 GJ	229.0	285.9	110.4	154.0	152.6	96.1	141.0
	재생에너지 전력비중, 전체 중 비율	5.5	17.29	36.9	20.4	39.9	26.7	18.8
	석탄전력 비중, 전체 중 비율	40.83	23.94	2.13	0.74	27.96	64.69	31.47
	에너지시스템 유연성, 전체 전력 중 수력·가스·석유 비율	27.63	45.2	44.05	19.83	19.74	20.58	46.09
	세계 화석연료 매장량 비중, 비율	0.7	515.6	1.2	0.0	74.2	303.8	0.7
	총점 (100%)	43.0	28.6	72.1	61.8	39.2	33.0	59.6

자료: WEF(2019,2021); <https://reports.weforum.org/fostering-effective-energy-transition-2019/energy-transition-index/country-scorecards/> (최종접속일: 2021.7.15.); <https://www.weforum.org/reports/1edb4488-deb4-4151-9d4f-ff355ecc499a/in-full/country-deep-dives> (최종접속일: 2021.7.15.)를 바탕으로 저자 작성

이상 주요국들의 ETI 점수 변화를 상세하게 살펴보았다. 에너지전환에서 중요한 의미를 가지는 전기화, 에너지공급 다양성, NDC 목표, 석탄과 재생에너지의 전력믹스 비중 등이 반영되어 있다. 그러나 에너지 접근성과 관련된 에너지비용 지표, 에너지안보와 관련된 수입 관련 지표, 공급 안정성 의미를 담으려고 한 유연성 지표 등에 있어 에너지전환의 의미보다는 기존의 전통적 시각이 내재되어 있음도 확인하였다. 또한 아직 태동기임에도 가중치가 높았던 일자리 관련 지표나 지리적 조건을 성과와 무리하게 연결시키려는 지표 등에서도 문제점을 확인할 수 있었다.

2.2. 상위 순위 개도국과의 비교 (2019년판)

이번 소절에서는 일반적으로 우리나라보다 낮은 경제수준을 나타내면서도 ETI 상에서 우리나라보다 순위가 높은 몇몇 개도국들을 대상으로 비교 분석하고자 한다. 이들 국가들은 <표 2-13>에 나타내었다. 이들 국가들에 있어서도 몰타, 라트비아 등에서 발견되는 급격한 순위 변동을 제외하면, 주요국만큼은 아니지만 순위가 비교적 안정되거나 점진적인 순위 변동을 나타낸다.

〈표 2-13〉 한국 및 상위 순위 개도국 ETI 순위 변화

연도	2019	2020	2021
한국	48위	52위	49위
우루과이	11위	12위	13위
몰타	28위	44위	41위
포르투갈	16위	19위	19위
콜롬비아	34위	24위	29위
코스타리카	21위	26위	26위
리투아니아	19위	14위	15위
에스토니아	20위	17위	16위
라트비아	23위	11위	12위
슬로베니아	24위	31위	31위
칠레	26위	32위	34위
말레이시아	31위	36위	39위

자료: WEF(2019,2020,2021)을 바탕으로 저자 작성

앞의 설명 및 주요국 비교 부분에서 2019년판과 2021년판 간에 세부지표 항목에 큰 변화는 없는 것을 확인하였으므로 본 소절에서는

2019년판 결과만을 가지고 비교하도록 한다. 또한 분석대상인 개도국들이 우리나라보다 큰 차이로 높은 점수를 기록한 분야들 위주로만 비교 결과를 기술한다.

우선 경제발전 분야이다. 주요국 간 비교에서도 보이는 문제였지만, 에너지비용이 높음에도 외부효과 비용이 현저하게 낮아짐으로 인해 우리나라와 점수가 비슷하거나 오히려 높은 현상이 관찰된다.

〈표 2-14〉 경제발전 분야 한국과 개도국 간 점수 비교

세부 지표 (가중치)	한국	우루과이	몰타	포르투갈	콜롬비아	코스타리카
가정용 전력 가격, PPP US ¢/kWh (20%)	14.07	34.92	22.62	38.11	34.37	19.59
산업용 전력 가격, PPP US ¢/kWh (10%)	8.50	16.90	17.00	25.20	13.20	14.40
도매 가스 가격, US\$/MMBtu (10%)	8.13	n/a	7.20	6.14	4.03	n/a
에너지 보조금, % GDP (20%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
외부효과 비용, % GDP (20%)	4.67	0.45	0.21	0.95	2.77	1.46
에너지 수출, % GDP (10%)	0.02	0.00	0.02	0.02	0.07	0.00
에너지 수입, % GDP (10%)	0.07	0.02	0.11	0.04	0.01	0.02
총점 (100%)	65.2	66.9	61.3	56.4	67.3	73.7
세부 지표 (가중치)	리투아니아	에스토니아	라트비아	슬로베니아	칠레	말레이시아
가정용 전력 가격, PPP US ¢/kWh (20%)	24.78	22.00	32.28	26.33	31.99	20.13
산업용 전력 가격, PPP US ¢/kWh (10%)	8.30	8.50	9.90	14.60	9.70	11.60
도매 가스 가격, US\$/MMBtu (10%)	6.14	9.80	6.14	6.14	3.57	5.90
에너지 보조금, % GDP (20%)	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
외부효과 비용, % GDP (20%)	4.39	0.46	1.34	2.36	3.32	6.46

에너지 수출, % GDP (10%)	0.09	0.05	0.02	0.04	0.00	0.11
에너지 수입, % GDP (10%)	0.13	0.06	0.05	0.06	0.03	0.08
총점 (100%)	63.5	70.0	63.9	63.5	65.3	66.0

자료: WEF(2019); <https://reports.weforum.org/fostering-effective-energy-transition-2019/energy-transition-index/country-scorecards/> (최종집속일: 2021.7.15.) 바탕으로 저자 작성

환경적 지속가능성 분야에서는, 전반적으로 우리나라보다 현저하게 높은 점수를 기록하고 있다. 이는 기본적으로 이들 개도국들의 경제수준이나 산업구조가 우리나라와 크게 다르기 때문이다. 에너지 집약적 산업구조를 가진 국가들을 독려하기 위해 저개발국들의 지속가능성 점수에 변별력을 크게 두는 것은 그 취지는 좋을 것이다. 그러나 비교 결과를 보면 현재의 ETI 체계상에서는 저개발 또는 자연 그대로의 상태만이 곧 지속가능성을 의미하는 것으로 오해될 여지가 있다. 즉 고도의 산업화를 이룬 국가들이 높은 경제수준을 유지하면서도 지속가능성을 확보해나가는 과정과 노력을 무시할 가능성이 있다.

〈표 2-15〉 환경적 지속가능성 분야 한국과 개도국 간 점수 비교

세부 지표 (가중치)	한국	우루과이	몰타	포르투갈	콜롬비아	코스타리카
초미세먼지, $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ (25%)	28.7	11.5	12.1	9.5	17.1	18.5
에너지 집약도, MJ/PPP GDP (25%)	7	3	2	3	3	3
1인당 이산화탄소 배출 (25%)	11.5	1.8	3.1	4.6	1.8	1.5
이산화탄소 집약도, CO_2/TPES (25%)	49.8	28.8	55.6	51.2	51.2	35.2
총점 (100%)	23.9	76.4	69.1	64.6	66.1	69.9
세부 지표 (가중치)	리투아니아	에스토니아	라트비아	슬로베니아	칠레	말레이시아
초미세먼지, $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ (25%)	16.7	5.9	14.6	17.8	22.0	17.6
에너지 집약도, MJ/PPP GDP (25%)	4	6	4	4	4	5

1인당 이산화탄소 배출 (25%)	3.8	12.5	3.5	6.6	4.8	6.9
이산화탄소 집약도, CO2/TPES (25%)	35.6	71.0	38.2	47.8	53.9	58.1
총점 (100%)	63.9	37.5	63.9	51.0	50.8	46.2

자료: WEF(2019); <https://reports.weforum.org/fostering-effective-energy-transition-2019/energy-transition-index/country-scorecards/> (최종접속일: 2021.7.15.) 바탕으로 저자 작성

인적자본과 소비자 참여 분야에서는 주요국 비교분석에서 나타난 것과 같은 문제가 더욱 분명하게 발견된다. 교육이 질이 비교 대상국들 간에 큰 차이가 없는 가운데 저탄소 산업부문 일자리 비중 지표의 미세한 차이로 큰 점수 차가 발생하고 있다. 특히 인구규모나 산업규모가 작은 유럽 국가들에서 이러한 현상이 현저하게 발견된다.

〈표 2-16〉 인적자본과 소비자 참여 분야 한국과 개도국 간 점수 비교

세부 지표 (가중치)	한국	우루과이	몰타	포르투갈	콜롬비아	코스타리카
저탄소 산업부문 일자리 , 비율 (50%)	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
교육의 질, 점수 1~7 (50%)	4.60	3.91	4.57	4.60	3.94	4.88
총점 (100%)	32.0	52.3	31.7	48.6	54.2	33.2
세부 지표 (가중치)	리투아니아	에스토니아	라트비아	슬로베니아	칠레	말레이시아
저탄소 산업부문 일자리 , 비율 (50%)	0.01	0.02	0.03	0.02	0.00	0.01
교육의 질, 점수 1~7 (50%)	4.04	4.66	4.23	4.51	4.41	5.41
총점 (100%)	66.8	80.5	76.9	79.2	35.1	56.0

자료: WEF(2019); <https://reports.weforum.org/fostering-effective-energy-transition-2019/energy-transition-index/country-scorecards/> (최종접속일: 2021.7.15.) 바탕으로 저자 작성

에너지시스템 구조 분야에서는 주요국에서와 마찬가지로 전력부문에서 탈탄소의 정도가 높거나 재생에너지 비중이 높으면 점수가 높은 것을 확인할 수 있다. 그러나 기본적으로 자연조건이나 산업구조의 차이를 반영하지 않은 결과로서, 전환의 의미를 담아내는 데에는 한계가 있음을 확인할 수 있다.

〈표 2-17〉 에너지시스템 구조 분야 한국과 개도국 간 점수 비교

세부 지표 (가중치)	한국	우루과이	몰타	포르투갈	콜롬비아	코스타리카
1인당 에너지 공급, 1인당 GJ (33%)	230.7	63.5	55.3	89.7	34.5	43.9
재생에너지 전력비중, 전체 중 비율 (11%)	1.90	88.60	7.70	47.50	68.20	99.00
석탄전력 비중, 전체 중 비율 (11%)	43.10	0.00	0.00	28.70	11.90	0.00
에너지시스템 유연성, 전체 전력 중 수력·가스·석유 비율 (11%)	25.0	71.6	92.3	40.0	84.9	75.6
세계 화석연료 매장량 비중, 비율 (33%)	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0
총점 (100%)	42.7	74.4	70.5	54.4	63.6	82.6
세부 지표 (가중치)	리투아니아	에스토니아	라트비아	슬로베니아	칠레	말레이시아
1인당 에너지 공급, 1인당 GJ (33%)	105.7	175.7	90.8	137.7	88.4	119.4
재생에너지 전력비중, 전체 중 비율 (11%)	39.40	14.40	50.20	29.40	43.60	10.00
석탄전력 비중, 전체 중 비율 (11%)	0.00	5.30	0.00	29.60	37.10	42.30
에너지시스템 유연성, 전체 전력 중 수력·가스·석유 비율 (11%)	61.1	2.1	83.4	28.5	50.9	57.0
세계 화석연료 매장량 비중, 비율 (33%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9
총점 (100%)	55.6	45.7	62.4	47.6	54.7	35.7

자료: WEF(2019); <https://reports.weforum.org/fostering-effective-energy-transition-2019/energy-transition-index/country-scorecards/> (최종접속일: 2021.7.15.) 바탕으로 저자 작성

주요국 비교 결과에서도 보였지만 개도국과의 비교에서는 더욱 현저하게 ETI의 문제점이 드러난다. 즉 전환의 의미가 충분히 반영된 ‘에너지전환’ 지표라기보다는 이미 주어진 자연조건을 바탕으로 현재 구가하고 있는 이른바 ‘지속가능성’ 지표의 의미가 더 큰 것이다.

3. 소결론

본 장에서는 에너지전환 성과측정 도구로 최근 들어 주목받기 시작한 대표적인 지표들을 분석하였다. 특히 가장 널리 알려지고 에너지전환 측면에서 완성도가 높은 것으로 평가되는 WEF의 ETI를 집중 조명하였다.

분석 결과, 현행 에너지전환 성과지표들은 에너지전환의 진행 상황을 입체적으로 보여주기 보다는 그 결과로서의 ‘지속가능성’이 얼마나 달성되었는지에 더욱 초점을 맞추는 경향이 있는 것으로 나타났다. 에너지전환과 관련된 동적인 변화에 방점이 있다기보다는, 현재 시점에서의 이른바 ‘지속가능한’ 상태의 수준을 평가하는데 더 초점이 맞춰져 있는 것이다. 그러다 보니, 특별한 에너지전환 노력을 통해 달성되지 않았을 가능성이 큰 저개발국의 ‘지속가능성’이 상대적으로 높은 점수를 받는 현상이 나타나게 되었다.

물론 WEF의 ETI의 경우, ‘전환준비성’ 부분에 에너지 관련 각종 규제에 대한 평가나 NDC 목표, 전력믹스 및 재생에너지 발전설비 관련 지표들이 있어 단순히 현 상태를 보여주는 것보다는 좀 더 발전된 모습을 보여주고 있다. 그러나 에너지전환의 구체적 측면들에 대한 입체적 조명이 없이 재생에너지, 전력믹스, 저탄소부문 일자리 등의 지표가 나열되어 있으며, 굳이 에너지 분야에만 국한되지 않는 일반적인 정책

추진 역량 지표들(예를 들어, 부패, 법치, 투자 자유도, 정책 안정성)이 ‘전환준비성’의 지표로 채택되어 에너지전환에의 직접적 기여도 측정에는 다소 미흡한 것으로 판단된다.

또한, ETI와 같이 ‘전환준비성’의 에너지시스템 전환 노력 지표들이 지속가능성의 ‘성과’ 지표와 단순 합산되는 경우, 종합순위로는 각국의 실질적인 에너지전환 노력을 제대로 판단하기 힘들게 된다. 이렇게 되면 ‘지속가능성’ 개념이 에너지전환의 성과로 인식될 위험성이 있으며, 에너지전환이 지향하는 바의 의미를 혼동시킬 우려가 있다.

이런 측면으로 볼 때, 에너지전환 성과를 제대로 측정하기 위해서는 결과적인 측면과 현재 진행 중인 정책적 측면이 분리되는 것이 보다 바람직하다. WEF의 ETI는 이런 측면에서 한계가 있는 체계를 가지는 반면, 각 부문의 성과를 분리해서 보여주는 WEC의 에너지 트릴레마 지수의 지표체계가 오히려 에너지전환의 양상을 입체적으로 보여주기

에 효과적인 것으로 판단된다.

또한, 그 정책적 측면이라는 것도 어느 분야에서나 통용될 수 있는 일반적인 지표들보다는 에너지전환과 직접적으로 관련성이 있는 지표들이 선택되어야 한다. 여기에는 다양한 분산에너지자원의 참여 가능성 여부, 전력망 등 에너지시스템 관련 기술의 고도화 여부 등이 포함되는데, 기존 지표들에는 이러한 내용이 잘 반영되지 않고 있다.

이상을 종합해봤을 때, 이런 지표들이 내놓는 결과에 우리나라 정부나 관련 단체들이 너무 민감하게 반응하는 것은 무의미한 일이라고 판단된다. 해당 지표들이 가진 근본적인 한계점을 인지한다면 크게 걱정할 필요는 없는 문제이며, 오히려 적극적인 자세로 보다 실질적인 대안을 제시하고 이를 내재화하는 것이 필요할 것이다. 다음 장부터는 이와 관련한 노력의 예시를 제시하려고 한다.

제3장 에너지전환 지표 개선 방향

본 장에서는 제2장에서의 기존 에너지전환 지표들에 대한 고찰을 바탕으로 에너지전환의 의미를 제대로 담을 수 있는 대안적인 성과지표의 방향을 제시해보고자 한다. 이를 위해 에너지전환의 선도국이라 할 수 있는 독일 정부가 제시한 에너지전환 지표 사례로부터 시사점을 얻고자 한다. 그 후에는 앞 장에서의 시사점 및 독일 사례로부터 에너지전환 평가지표의 개선 방향을 도출한다.

1. 독일 사례 분석 및 시사점

1.1. 독일의 ‘미래의 에너지’ 지표¹³⁾

앞 장에서 에너지전환 성과 측정도구를 표방하는 대표적인 지표들이 에너지전환의 실질적인 측면들을 입체적으로 보여주지 못하는 한계점에 대해 살펴보았다. 이에 본 절에서는 에너지전환 선도국인 독일이 에너지전환에 대해 어떻게 해석하고 있는지에 초점을 맞추고자 한다. 이를 위해 독일 정부가 에너지전환정책 모니터링을 위해 수립한 ‘미래의 에너지’ 지표체계의 개요를 살펴본다.

독일 경제에너지부(BMWi)는 2011년부터 자국의 에너지전환정책 추진 경과를 평가하고 감독하기 위해 ‘미래의 에너지(Energy of the Future)’ 모니터링 제도를 도입하였다. 독일은 ‘미래의 에너지’ 모니터링 제도를 통해 에너지전환정책의 추진 현황 및 정책 목표 달성 여부

13) 본 소절의 전반부는 BMWi(2019) 및 양의석·김태환(2020)을 참고하였다.

를 점검하고 추진 성과를 평가하며 향후 에너지전환정책의 이행 방향을 제시하고자 하였다. 동 지표는 크게 13가지 부문으로 구성되어 있으며 이에 속하는 총 71개의 세부 지표들을 활용하여 에너지전환정책 추진 성과를 평가한다. 독일의 ‘미래의 에너지’ 모니터링 지표의 구성은 <표 3-1>과 같다.

〈표 3-1〉 독일, 미래의 에너지 모니터링 지표 구성

분야	모니터링 지표
유럽 및 국제	EU 목표 2020/2030
	전력의 흐름
	EU-ETS 내 배출권 거래
	ETS 제외 영역에서의 온실가스 감축 노력 분담(Effort Sharing)
	재생에너지 및 에너지효율 부문에 대한 세계 투자 추이
	세계 이산화탄소 배출량
	세계 재생에너지 설비용량
재생에너지 보급	최종에너지 소비에서 재생에너지원이 차지하는 비중
	전력 소비량에서 재생에너지 전원이 차지하는 비중
	기술별 재생에너지 전력 생산량
	전원별 전력 발전량
	냉난방 에너지 소비량에서 재생에너지원이 차지하는 비중
	수송부문에서 재생에너지원이 차지하는 비중
	기술별 재생에너지 부과금(EEG surcharge)
	재생에너지 부과금(EEG surcharge) 및 전기요금 합산 총액
에너지효율 및 전력	1차에너지 소비량
	1차에너지 및 최종에너지 생산성
	전력 소비량
건물부문	총 에너지 소비량에서 건물부문의 최종에너지 소비 비중
	건물부문의 최종에너지 소비량/난방부문의 최종에너지 소비량

	공간 난방에 소비되는 최종 에너지 소비량
	건물부분의 1차에너지 소비량
수송부문	수송부문의 최종에너지 소비량
	수송부문의 세부적인 최종에너지 소비량
	전기 삼륜차를 포함한 삼사륜차(3-wheel-plus vehicles) 대수
	연료전지 및 가스를 연료로 사용하는 삼사륜차 대수
	철도수송으로의 전환
	대중교통으로의 전환
온실가스	온실가스 배출량
	에너지원 그룹별 온실가스 배출량
	부문별 에너지관련 이산화탄소 배출량
	재생에너지 이용을 통해 저감된 온실가스 배출량
	인구 및 GDP와 관련된 세부적인 온실가스 배출량
공급안보 및 탈원전	발전설비용량
	16개 주에 걸친 발전설비용량 분포
	열병합발전
	전통적 전원의 신규 발전설비 건설과 기존 설비 폐쇄
	양수발전용량
	원전의 단계적 폐기 로드맵
	평균 정전시간지수(System Average Interruption Index, SADI)
	건설 중인 전통발전설비
경제성 및 경쟁력	최종소비자의 GDP 대비 에너지 비용 지출
	가정부문의 에너지 소비량
	가정부문의 전력요금
	산업부문의 에너지 비용
	석유 및 가스 가격
	전력거래 가격
	비특권 기업(non-privileged industrial enterprises)에 대한 전력 가격
	거시경제 부문에서의 에너지 관련 지출

	다른 국가와 비교한 에너지 가격
환경적 호환성	적절한 지표들을 활용한 에너지전환에 대한 환경적 모니터링
전력망 인프라	전력망 확대촉진·구축 관련법에 따른 전력망 확충 프로젝트
	전력망에 대한 투자
	송전 비용
	전력 계통운영 보조 서비스(ancillary service) 비용
섹터커플링 및 디지털화	열펌프의 숫자와 전력 소비량
	이모빌리티(E-mobility) 수와 전력 소비량
	재생에너지 시스템의 원격 제어 능력
	가정부문의 스마트미터 사용
	산업부문의 스마트미터 사용
	에너지전환 및 에너지부문의 디지털화
에너지연구 혁신	R&D 활동에 대한 산업부문의 투자
	에너지연구 프로그램에 대한 연방정부의 투자
	EU 기금
	특허 수
	혁신적인 기술의 시장 점유율
투자, 성장 및 일자리 창출	재생에너지와 에너지효율 부문에 대한 투자
	전력망과 전력 공급부문에 대한 투자
	재생에너지 소비의 결과로 절약된 1차에너지 소비량
	재생에너지 부문에 고용된 노동자수
	에너지부문의 고용률

자료: BMWi(2019), pp.20-21 및 양의석·김태환(2020), pp.83-85 내용을 참고하여 정리

독일의 ‘미래의 에너지’ 모니터링 제도는 세부기준이 지나치게 많아 에너지전환과의 연관성을 직관적으로 파악하기에 어려움이 있는 것으로 평가되고 있다. 또한, 지표들의 분류구분이 명확하지 않아 부문별 카테고리(건물부문, 수송부분 등), 정책적 성격의 카테고리(재생에너지 보급, 섹터커플링 및 디지털화 등), 정책목표 성격의 카테고리(온실가

스 배출, 공급안보 등)들이 혼재되어 있고, 이로 인해 에너지전환 평가에 있어 혼란의 여지가 있을 것으로 보인다.

그러나 전체적으로 볼 때 에너지전환의 여러 측면들을 상세하게 조명해볼 수 있다는 장점이 있다. 수립 당시부터 에너지전환 과정을 평가·감독하겠다는 목적으로 도입된 것이므로, 앞 장에서 살펴본 지표들보다 에너지전환 성과 진단의 목적에 가장 부합하는 지표라고 할 수 있다. 이에 다음 소절에서 구체적인 시사점을 도출해보고자 한다.

1.2. 시사점

‘미래의 에너지’ 지표의 가장 큰 특징은 지표체계의 상세화를 들 수 있다. 앞에서 살펴본 지표들이 재생에너지나 전력믹스의 전체적 양상을 전달하는데 그친 반면, ‘미래의 에너지’ 지표는 ‘재생에너지 보급’, ‘에너지효율 및 전력’, ‘온실가스’ 지표들이 기술별, 부문별, 용도별로 상세화되어 정부가 추진하는 세부 정책들과 실질적으로 연계될 수 있도록 하였다. 더 나아가 ‘건물부문’, ‘수송부문’ 등은 아예 대분류로 구분되어 부문별 모니터링이 가능하도록 하였다.

또 다른 특징은 재생에너지 확대에 의한 전력시스템 안정성과 에너지원 간 융합 측면이 적극 고려되었다는 것이다. 여기에는 ‘전력망 인프라’, ‘섹터커플링(sector coupling) 및 디지털화’ 등이 포함된다. 이것이 앞서 살펴본 다른 지표들과 결정적으로 차이나는 부분이라 할 수 있다. 이러한 지표들을 통해 에너지전환을 위한 ‘노력’ 자체를 실질적으로 측정할 수 있으므로, 본 연구에서는 이를 응용해보고자 한다.

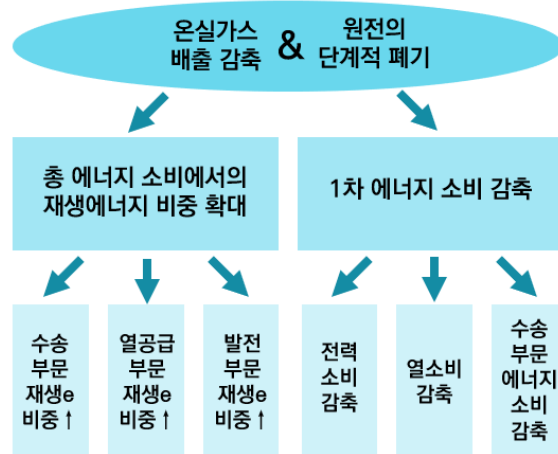
‘공급안보 및 탈원전’ 지표들에서는 에너지전환 측면에서의 에너지안보에 대한 독일의 인식의 일면을 엿볼 수 있다. 에너지안보는 일반

적인 시각에서는 앞에서 본 지표들과 같이 해외 수입 다변화 등을 기본적으로 포함하겠지만, 에너지전환의 측면에 국한시킬 경우에는 그러한 지표들은 포함시키지 않는 것이 맞다고 보는 것이다. 해외와 관련된 지표는 ‘유럽 및 국제’ 분야에만 국한되는데, 이것도 에너지안보와는 상관없이 EU 및 전 세계의 에너지전환 정책 진행 동향을 모니터링하기 위한 것이다. 그 대신 ‘미래의 에너지’ 지표는 공급안보와 관련하여 국내의 발전설비용량과 지역별 분포, 열병합 등의 분산에너지, 안정적 전력 공급과 관련된 양수발전, 평균정전시간 등을 지표에 포함시켰다.

‘경제성 및 경쟁력’에 포함된 각종 에너지비용 지표들과 ‘투자, 성장 및 일자리 창출’에 나타난 투자 및 고용 지표들은 앞의 다른 지표체계들에서도 조금씩 다루고 있는 것이 사실이다. 그러나 독일의 ‘미래의 에너지’ 지표는 이를 정책 추진의 관점을 가미하여 보다 상세화시키고 있다. 또한, ‘에너지연구 혁신’ 지표와 같이 기술개발 측면을 측정하는 지표는 다른 곳에서 사례를 찾기 힘들다.

마지막 시사점은 지표체계 자체보다는 독일 정부의 정책체계로부터 찾을 수 있다. BMWi(2019, p.18)에는 독일의 계층화된 에너지전환 정책체계가 제시되어 있다([그림 3-1]). 이에 따르면 ‘미래의 에너지’ 지표와 연관된 각종 세부지표들은 궁극적으로 온실가스 배출 감축과 원전의 단계적 폐기라는 정책적 목표 달성을 위해 구축되었고, 그 아래에 중요도에 따라 계층화된 목표들이 달성되도록 하는 체계이다. ‘미래의 에너지’ 지표는 이러한 계층화된 체계 각 부분에 해당하는 지표들을 병렬적으로 나열한 것으로 간주할 수 있다.

[그림 3-1] 독일의 계층화된 에너지전환정책목표



자료: BMWi(2019), p.18 참고로 저자 재구성

2. 지표체계 개선 방향

제2장에서 분석한 대표적 에너지전환 지표들의 문제점과 앞 절에서 살펴본 독일의 ‘미래의 에너지’ 지표에서 얻은 시사점을 바탕으로 도출된 개선 방향은 다음과 같다.

첫째, 종합점수나 순위보다는 각 부문별 성과를 입체적으로 보여주는 것에 집중하도록 한다. WEF의 ETI와 같이 모든 측면을 병렬적으로 놓고 단순 합산하면 에너지전환의 본래의 의미를 변질시키고 각국의 정확한 현 상황을 제대로 보여주지 못할 가능성이 있다. 따라서 WEC의 에너지 트릴레마 지수에서처럼 몇 개의 대분류로 나누어 각각에서의 도달 정도를 보여주는 것으로 그치게 하거나, 아니면 독일 정부가 채택한 계층화된 정책체계를 응용한 계층화된 지표체계가 바람직

하다. 본 연구에서는 후자의 접근법을 채택하였으며 그 예시를 다음장에서 제시한다.

둘째, 에너지전환에 의한 ‘구조적인 변화’에 최대한 초점을 맞춰야 한다. 독일의 ‘미래의 에너지’ 지표가 취한 것처럼 외생적 충격에 대한 대비 정도를 평가하는 전통적인 에너지안보 항목들을 배제하고, 에너지시스템 자체의 내부적 구조변화 정도를 가늠할 수 있는 체계로 구성하는 것이 바람직하다.

셋째, 에너지전환의 최근 트렌드를 최대한 반영하도록 한다. 재생에너지 중심의 ‘청정화’나 에너지원 및 부문 간의 ‘섹터커플링(sector coupling)’, 전력 중심의 에너지시스템으로의 전환을 의미하는 ‘전기화(electrification)’ 등 향후 에너지전환의 큰 흐름으로 예상되고 있는 개념들이 반영되어야 한다.

이와 관련하여, 앞 장에서 살펴본 기존 평가지표들은 모든 국가를 대상으로 한 경우가 많았기에, 저개발국들에게까지 섹터커플링, 전기화 등의 개념을 구체화하여 적용할 수 없는 한계가 있었다. 이런 이유로 다음 장에서 예시로 보일 상대비교에서는 비교 대상을 주요 에너지전환 선도국으로만 국한시켰다.

또한, 이렇게 되면 전통적인 공급과 소비 간 구분이나 일률적인 부문별 분류 관행은 사라지게 된다. 에너지전환의 최근 흐름은 공급과 소비 간의 구분이 갈수록 모호해지고 부문 간의 상호작용이 복잡해지는 특징을 가지고 있기 때문이다.

넷째, 에너지전환과의 직접적 연관성이나 의미가 불분명한 지표들에 대해서는 충분한 논의를 거쳐야 할 것이다. 앞서 살펴보았듯이 ‘형평성’ 관련 지표나 에너지가격 관련 지표들은 에너지전환과 정확한 상관

성을 설명하기가 힘든 경우가 많다. 이에 에너지전환 기여도 판별을 위한 추가적인 논의가 필요한 지표들은 일단 배제하여 국가 간 에너지 전환 성과를 객관적으로 비교 가능하게 한다.¹⁴⁾ 이와 관련하여, 평가자의 주관적 판단이 개입되는 항목들을 최대한 배제하고 정량적 데이터만 사용하도록 하여, 추상적 개념을 최대한 객관화시키는 것이 필요할 것이다.

14) 다만, ‘공정한 에너지전환’ 등이 최근 화두가 되고 있는 점을 고려할 때, 향후 지표체계의 보완이 추가로 필요할 것으로 판단된다.

제4장 지표체계 구성 및 상대비교 예시

본 장에서는 제3장에서 도출된 지표체계 개선방향을 참고로 하여 새로운 지표체계의 예시를 제안한다. 또한 이를 바탕으로 우리나라의 현황을 주요국들과 비교하고 시사점을 도출한다. 다른 대표 지표들과 마찬가지로 특정 시점에서만 상대비교를 수행한다.¹⁵⁾

1. 지표체계 구성 예시

본 절에서는 앞에서 도출된 에너지전환 평가지표 개선점들을 고려하여 주요 에너지전환 선도국과 에너지전환 현황을 비교할 수 있도록 하는 개선된 에너지전환 평가지표의 예시를 제시한다. 이 지표체계 예시안은 에너지전환의 최종 목표와 이를 달성하기 위한 정책 수단이 구분되는 형태를 취한다. 이렇게 하면, 목표 도달 정도와 정책 추진 정도가 서로 혼재되어 최종 결과로부터의 시사점이 불분명해지는 것을 방지할 수 있다. 또한 각 부문이 최종목표 달성에 어떻게 기여하는지 전체적인 그림을 직관적으로 볼 수 있다는 장점도 있다.

본 지표체계 예시는 크게 세부분으로 구성된다. 에너지전환의 정책 목표를 ‘탄소중립’으로 간주하여 이를 반영하는 ‘탄소중립 현황’ 항목을 가장 상위에 배치하였다. 그 다음으로 탄소중립 달성을 위한 정책적 수단과 관련된 항목들을 포함하는 ‘구조변화’ 항목이 있다. 마지막

15) 대부분의 경우 비교시점이 2019년이 되었는데, 이는 주요 기관이 제공하는 최신의 자료들이 그 시점까지만 포함하기 때문이다. 단, 중국 및 최종에너지 관련 일부 통계는 2018년인 반면, 전기차 등은 최근 자료를 활용하였다.

으로, 에너지전환정책 시행으로 국가경제 차원에서 얻는 효과에 대한 ‘국가경제 기여’ 항목을 배치하였다. 구체적인 지표체계 구성은 <표 4-1>과 같다.

1.1. 탄소중립 현황

첫 번째로 ‘탄소중립 현황’ 부분에는 에너지전환정책의 궁극적인 목표인 가장 상위 개념의 세부지표들을 배치했다. 에너지전환의 최종 목표를 탄소중립이라고 간주한다면, 온실가스 감축 목표와 관련된 온실가스 배출량, 탄소집약도 등의 지표들이 포함될 수 있을 것이다. 한편, 본 연구에서는 탄소중립의 의미에 직접적으로 부합하지는 않지만 일반적으로 경제의 에너지 효율성을 종합적으로 나타내는 에너지소비량 지표와 에너지집약도 지표도 가장 상위의 정책목표 부분에 포함시켰다.

1.2. 구조변화

‘구조변화’ 부분에는 정책목표인 탄소중립을 달성하기 위한 구체적인 수단이 되는 정책 관련 세부지표들이 포함된다. 이들은 에너지전환의 주요 측면별로 분류되는데, 본 예시안에서는 탄소중립 기술의 보급상황을 나타내는 ‘청정화’, 전기화를 필두로 한 에너지원·부문 간의 융합 정도를 나타내는 ‘전기화 및 원·부문 간 연계’, 마지막으로 에너지시스템의 구조변화를 기술적으로 뒷받침할 수 있는지를 보는 ‘공급 안정성 및 유연성’ 등으로 크게 구분하였다. 본 지표들은 주로 독일의 ‘미래의 에너지’ 지표를 참고하여 도출된 것으로서, 각 항목에 포함되는 구체적인 세부지표들의 예시는 다음과 같다.

① **청정화:** 예) 부문별·기술별 재생에너지 보급 지표, 재생에너지 투자 지표, 석탄발전 퇴출 지표 등

② **전기화 및 원·부문 간 연계:** 예) 전기화 지표, 전력-열 간 연계성 지표, 전기차 및 연료전지차 보급 지표 등

③ **공급 안정성 및 유연성:** 예) 정전시간 지표, 양수발전 비중 지표, 스마트미터 보급률 지표, ESS 투자액 지표 등

각 항목에는 현황을 나타내는 지표와 미래 변화를 가늠할 수 있는 지표들을 혼합할 수 있다. 이를 통해 현재의 에너지전환 실정을 평가함과 동시에 미래에 대한 대비가 잘 이루어지고 있는지 판단할 수 있다. 위의 예시에서 미래 변화를 나타내는 지표로는 재생에너지 투자 지표, 석탄발전 퇴출 지표, ESS 투자액 지표 등이 해당된다.

1.3. 국가경제 기여

‘국가경제 기여’ 부분에는 에너지전환정책의 시행으로 국가경제 차원에서의 효과를 나타내는 지표들이 포함된다. 가장 직관적으로 결과가 드러나는 고용지표 및 특허 수, 에너지 관련 연구개발 투자 등의 지표들이 포함될 수 있다.

〈표 4-1〉 개선된 지표체계 구성의 예시

대분류 예시	중분류 예시	세부지표 예시
탄소중립 현황	온실가스 배출	<ul style="list-style-type: none"> • 전체 배출량(+온실가스별, 부문별 배출량) • 온실가스 집약도
	에너지 소비	<ul style="list-style-type: none"> • 1차/최종에너지 소비량 • 1차/최종에너지 집약도
구조변화	청정화	<ul style="list-style-type: none"> • 최종에너지에서 재생에너지 비중 • 전력소비량에서 재생에너지 비중(+기술별 생산량) • 수송부문 바이오연료 비중 • 석탄발전 퇴출 설비용량 • GDP 대비 재생에너지부문 투자액
	전기화 및 원·부문 간 연계	<ul style="list-style-type: none"> • 최종에너지 중 전력 비중 • 전기차 대수 • 연료전기차 대수
	공급 안정성 및 유연성	<ul style="list-style-type: none"> • 정전시간 • 양수발전용량 비중 • 스마트미터 보급률 • ESS 투자액
국가경제 기여	고용	<ul style="list-style-type: none"> • 총 노동자 중 재생에너지부문 고용 비중
	기술	<ul style="list-style-type: none"> • GDP 대비 특허 수 • GDP 대비 에너지 연구 공공투자

자료: 저자 작성

2. 주요국 상대비교 예시

본 절에서는 앞 절에서 예시로 제시한 지표체계에 따른 우리나라와 주요국 간 상대비교의 결과를 제시하고자 한다. 본 상대비교는 특정 연도의 시점에 대해서만 수행하였다. 이는 서론에서 밝힌 대로, 통시적인 접근을 취하는 대신 에너지전환의 각 측면들을 지표체계 상에서 상

세화시킴으로써 시사점을 얻고자 하는 본 연구의 방향에 따른 것이다.

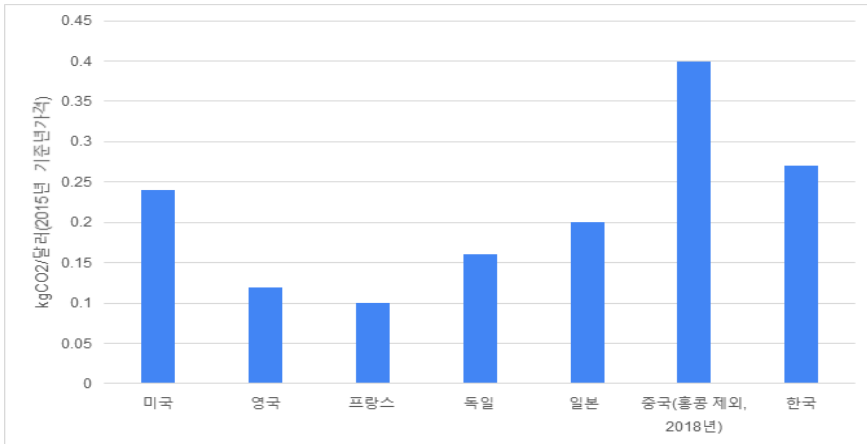
2.1. 탄소중립 현황

본 절에서 제시한 지표체계 예시에서는 에너지전환의 최종 목표를 탄소중립으로 간주하였다. 따라서 지표체계 상 가장 상위에 최종 목표가 되는 탄소배출량 지표를 배치하였다.

[그림 4-1]에서 2019년에 구매력평가지수 기준 단위 GDP당 이산화탄소 배출량을 보면, 우리나라는 유럽 국가들보다는 배출집약도가 높은 수준이지만 미국과는 비슷한 수준을 보이며 중국보다는 현저히 개선된 수준을 나타낸다. 그런데, [그림 4-2]의 1인당 이산화탄소 배출량 비교에서는 미국을 제외하면 다른 국가들보다 배출집약도가 상대적으로 높다. 비교 대상이 배출집약도가 낮은 유럽 선진국들이 아닌 다배출 국가인 미국이나 중국이라는 사실은, 우리나라의 탄소중립 목표 달성이 아직은 요원하며 정책적으로 박차를 가해야 하는 상황임을 시사한다.

최종목표 부분에 포함시킨 에너지효율성의 측면에서도 우리나라의 현실이 드러난다. [그림 4-3]의 구매력평가지수 기준 GDP당 1차에너지 소비량 그래프와 [그림 4-4]의 최종에너지 소비량 그래프를 보면, 유럽 국가나 일본과 비교되지 못하고 대표적인 에너지 다소비국인 중국이나 미국과 유사한 수준을 보이고 있다.

[그림 4-1] GDP(PPP)당 이산화탄소 배출량(2019년)



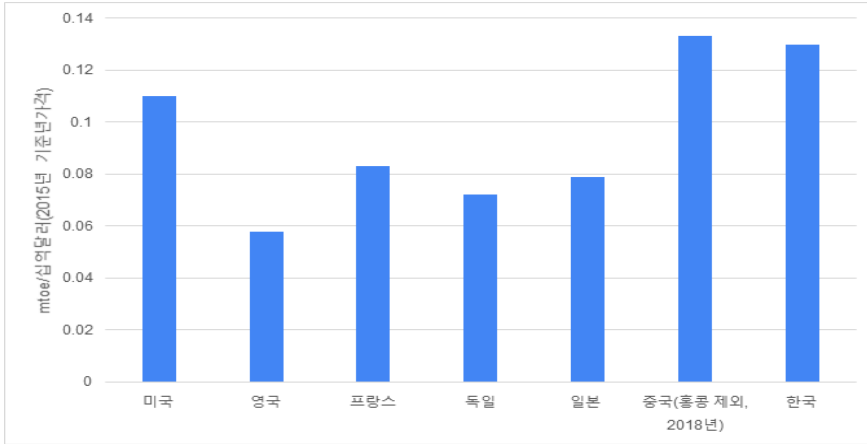
자료: OECD ilibrary, https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=AIR_GHG(최종접속일: 2021.6.11.)을 바탕으로 저자 작성

[그림 4-2] 1인당 이산화탄소 배출량(2019년)



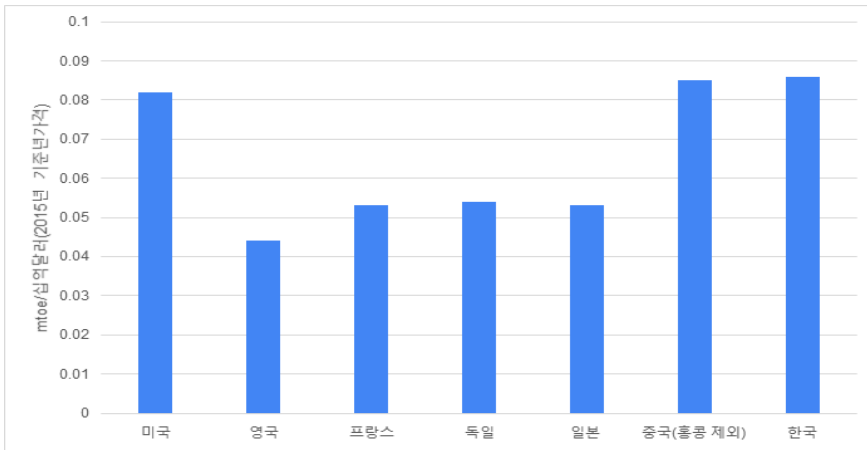
자료: OECD ilibrary, https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=AIR_GHG(최종접속일: 2021.6.11.)을 바탕으로 저자 작성

[그림 4-3] GDP(PPP)당 1차에너지 소비량(2019년)



자료: OECD ilibrary, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oeed_bv_id=enestats-data-en&oi=data-00514-en(최종접속일: 2021.7.23.)을 바탕으로 저자 작성

[그림 4-4] GDP(PPP)당 최종에너지 소비량(2018년)



자료: OECD ilibrary, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oeed_bv_id=enestats-data-en&oi=data-00514-en(최종접속일: 2021.7.23.)을 바탕으로 저자 작성

2.2. 구조변화

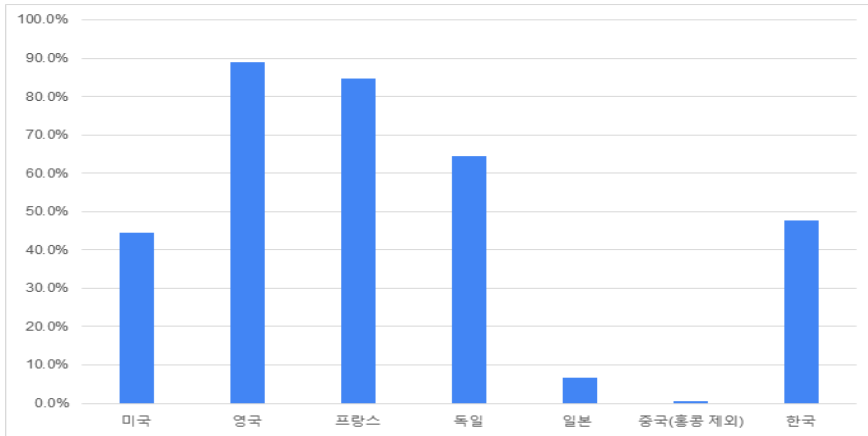
2.2.1. 청정화

‘청정화’ 항목에 속한 지표들은 크게 저탄소 에너지원의 보급 정도를 나타내는 지표와 기존 화석연료 에너지원의 퇴출 정도를 나타내는 지표로 구분하여 볼 수 있다. 그 중 서론에서 이미 확인했듯이 저탄소 에너지원인 재생에너지가 발전량에서 차지하는 비중은 우리나라가 주요국에 비해 아직 크게 낮은 수준을 나타내고 있는 것이 사실이다.

그러나 ‘청정화’를 위한 다른 측면, 즉 기존 화석연료의 퇴출이 어느 정도 이루어질 것인지를 보면, 우리나라도 에너지전환의 큰 흐름을 따라가고 있는 것으로 보인다. [그림 4-5]는 현재 운영 중이거나 건설 중인 석탄화력 발전설비용량 대비 2021~2040년 기간 동안 폐쇄될 예정인 석탄발전 설비용량의 비율을 나타낸 것이다. 이 수치가 높을수록 향후 20년 내 ‘탈석탄’을 이루고자하는 정책적 의지가 높다고 할 수 있다. 그 결과를 보면, 우리나라는 유럽 국가들이나 미국에 버금가며 일본이나 중국에 비해 명확한 탈석탄 정책 의지를 보이고 있음을 확인할 수 있다.

한편, 향후 미래에도 ‘청정화’가 지속되기 위해서는 특별히 재생에너지 관련 투자가 지속적으로 이루어져야 할 것이다. [그림 4-6]의 GDP 대비 재생에너지 투자 비중을 보면, 우리나라는 중국이나 일본에 비해서는 낮은 수준이지만, 유럽 주요국들에 비해 현격하게 낮은 수치를 보이고 있진 않다. 다만 재생에너지 보급이 어느 정도 성숙기에 접어든 국가들보다는 우리와 상황이 비슷한 국가들과 비교하여 재생에너지 투자 확대 여부를 검토하는 것이 필요할 것이다.

[그림 4-5] 운영·건설 중인 석탄발전용량 대비 2021-2040년 폐쇄용량 비율



자료: Global Energy Monitor, <https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker/summary-data/>(최종접속일: 2021.7.23.)을 바탕으로 저자 작성

[그림 4-6] GDP 대비 재생에너지 투자 비중(2019년)

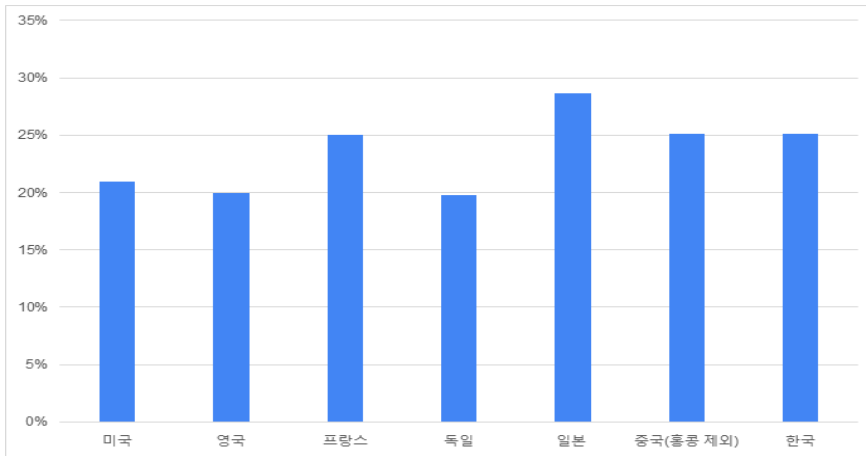


자료: Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF(2020) p.24 및 OECD ilibrary, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enestats-data-en&doi=data-00514-en(최종접속일: 2021.7.23.)을 바탕으로 저자 작성

2.2.2. 전기화 및 원·부문 간 연계

미래에는 기존에 각기 고유영역별로 분리되었던 서로 다른 에너지원과 부문 간의 연계가 활발해질 것으로 예상된다. 최근 들어서는 이와 같은 개념을 표현하기 위해 ‘섹터커플링(sector coupling)’이라는 용어가 조금씩 확산되고 있다. 이는 궁극적으로 전력의 형태로 에너지 이용 형태가 통일되는 ‘전기화(electrification)’와 큰 관련이 있다. 이에 ‘전기화’의 대표적 지표인 최종에너지 중 전력 비중 지표를 선정하여 살펴보았으나, [그림 4-7]을 보면 국가 간 차이가 크지는 않다. 이는 ‘섹터커플링’의 개념이 이제 태동 단계이기 때문인 것으로 보이는데, 향후 각국에서의 변화 양상을 모니터링할 필요가 있다.

[그림 4-7] 최종에너지 중 전력 비중 (2018년 기준)

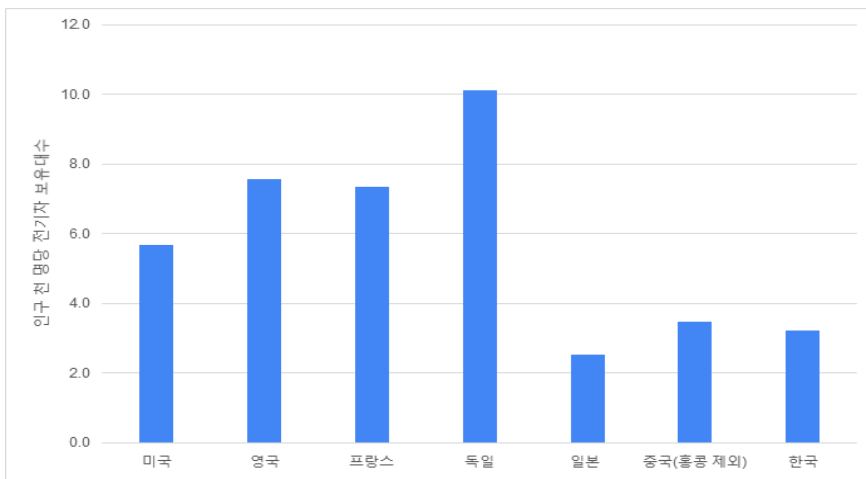


자료: OECD ilibrary, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oeed_by_id=enestats-data-en&oi=data-00512-cn(최종접속일: 2021.7.23.)을 바탕으로 저자 작성

수송부문에서의 전기화 지표로서 전기차 보급대수 지표를 살펴보았다. [그림 4-8]에서처럼 인구 천 명당 전기차 보유대수를 비교한 결과를 보면, 최근 급증 추세에 있는 우리나라의 전기차 보급 수준이 일본이나 중국과 비슷한 수준에 도달한 것을 볼 수 있다.

‘섹터커플링’의 주요 에너지저장 매개체인 수소를 그대로 이용할 수 있는 수소연료전지차 보급에 있어서는 우리나라가 압도적인 수준을 보이고 있다(<표 4-2>). 그러나 수소의 이용은 수송부문에 그치는 문제가 아니라 전체 에너지시스템의 혁신과도 연계되어 있으므로, 향후 이와 관련된 보다 통합적인 지표 개발을 위해 노력할 필요가 있다.

[그림 4-8] 인구 천 명당 전기차 보유대수 추정(2021년 6월 기준)



주: 전기차는 순수전기차(BEV)와 플러그인하이브리드차(PHEV)를 포함함. 상업용 전기차와 저속 전기차는 포함하지 않음.

자료: BNEF, <https://www.bnef.com/interactive-datasets/2d5d59acd9000014?data-hub=11>(최종 접속일: 2021.7.23.) 및 OECD ilibrary, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enestats-data-en&doi=data-00514-en(최종접속일: 2021.7.23.)을 바탕으로 저자 작성

〈표 4-2〉 연료전지차 보급 현황(2021년 6월 기준)

	미국	영국	프랑스	독일	일본	한국
연료전지차 보급 대수 (2021년 6월 기준)	5535	126	280	420	5213	10700
인구 천 명당 연 료전지차 보유대 수 추정치	0.017	0.002	0.004	0.005	0.041	0.206

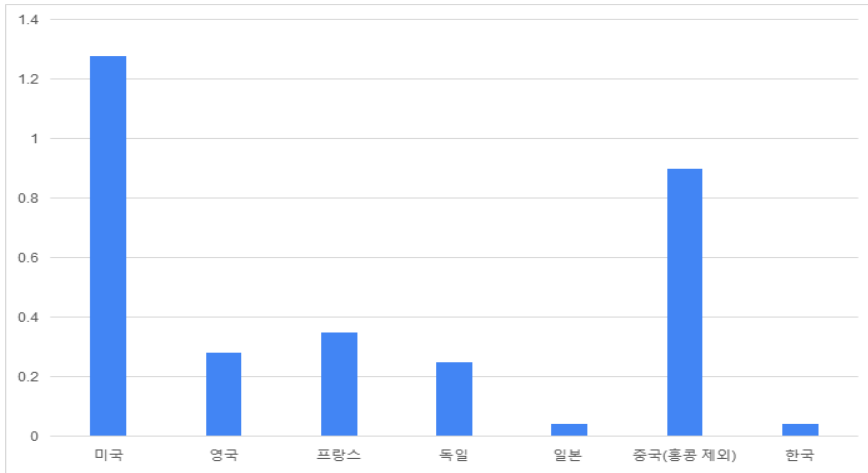
자료: BNEF, <https://www.bnef.com/interactive-datasets/2d5d59acd9000014?data-hub=11>(최종
접속일: 2021.7.23.) 및 OECD ilibrary, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enstats-data-cn&doi=data-00514-cn(최종접속일: 2021.7.23.)을 바탕으로 저자
작성

2.2.3. 공급 안정성 및 유연성

재생에너지 보급 확대를 위해서는 간헐성(intermittency) 문제에 대응할 필요가 있으며 이를 위해서는 높은 수준의 송배전 인프라설비와 전력시스템 운용능력이 필요하다. 이를 집약적으로 보여주는 지표로 독일 사례에서처럼 평균정전시간지수(System Average Interruption Duration Index, SAIDI)를 비교하였다. 그 결과 [그림 4-9]를 보면 이 지표에 있어서 우리나라는 주요국들에 비해 압도적으로 우수한 수준을 보여주고 있다.

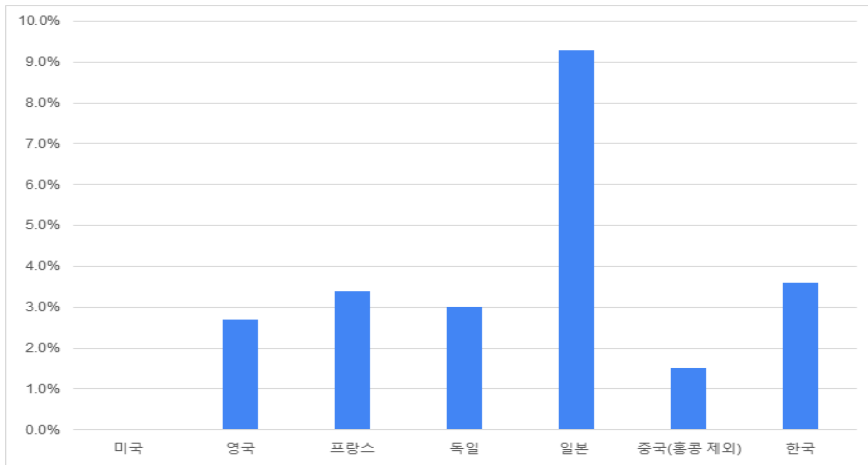
한편 전력계통에 대한 대표적인 유연성(flexible) 자원으로 양수발전이나 ESS(Energy Storage System) 등이 있다. 양수발전의 설비용량 수준은 [그림 4-10]에서 일본을 제외하면 가장 우수한 수준을 보이고 있으며, ESS 투자액 지표를 나타낸 [그림 4-11]을 보면 우리나라의 투자 규모가 주요국들과 비슷하거나 오히려 능가하는 수준을 보이고 있다.

[그림 4-9] 평균 정전시간지수(SAIDI) (2020년)



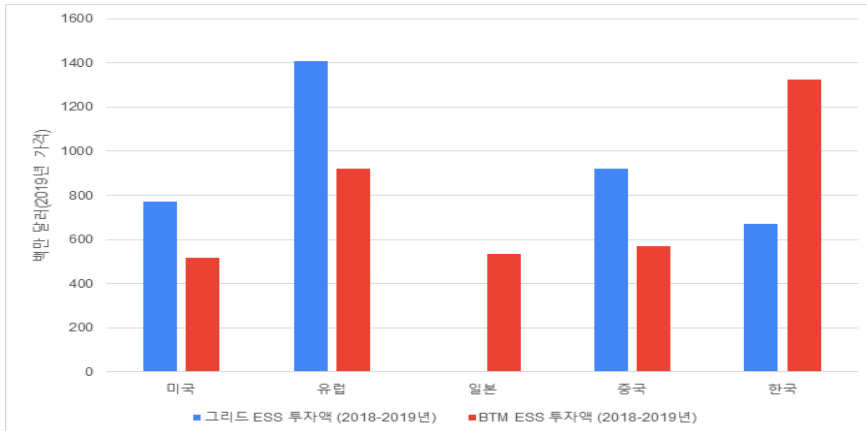
자료: World Bank Databank, <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=3001&series=IC.ELC.SAIDI.XD.DB1619>(최종접속일: 2021.7.23.)을 바탕으로 저자 작성

[그림 4-10] 양수발전용량 비중(2019년)



자료: IHA(2020) 및 OECD ilibrary, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=en&stats-data-en&doi=data-00512-en(최종접속일: 2021.7.23.) 바탕으로 저자 작성

[그림 4-11] ESS 투자액 (2018-2019년 합산)



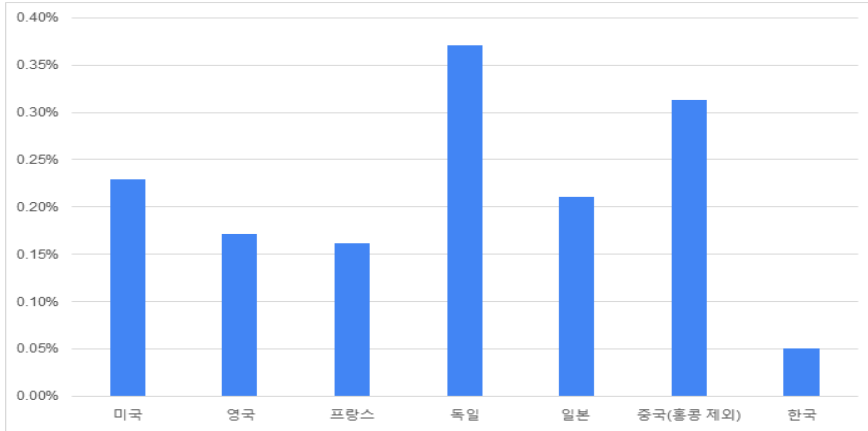
자료: IEA World Energy Investment 2020, https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2020/power-sector?utm_content=buffer61c85&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer(최종접속일: 2021.6.11.) 바탕으로 저자 작성

2.3. 국가경제 기여

에너지전환으로 인한 국가경제 기여와 관련하여 본 예시에서는 고용과 기술 측면에서만 보기로 한다. [그림 4-12]의 총 노동자수 중 재생에너지부문 고용 비중을 추정한 결과를 보면 우리나라가 현저히 낮은 수준을 보이고 있다. 이는 아직 재생에너지부문이 산업적 관점에서는 아직 자리매김하지 못하고 있음을 나타낸다.

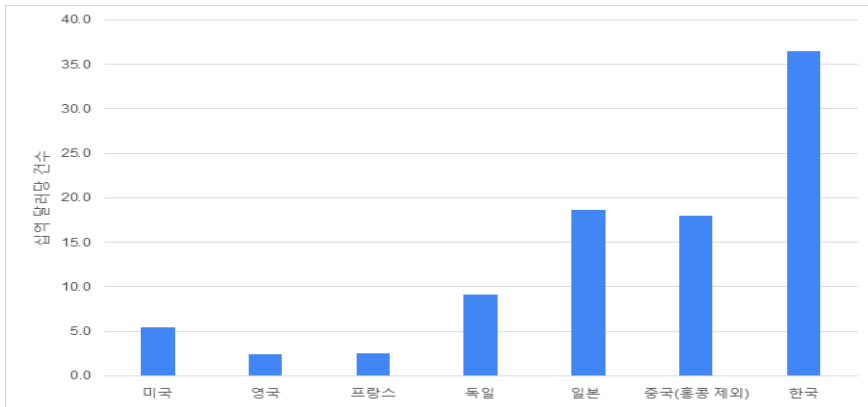
그러나 재생에너지에 대한 기술투자는 다른 국가들과 비교할 때 상당히 활발한 것으로 보이는데, [그림 4-13]의 단위 GDP당 재생에너지 관련 누적 특허 건수는 다른 국가들보다 높은 수준을 나타낸다. 향후 정부의 산업육성 정책이 뒷받침된다면 기술집약적 산업으로의 성장이 기대되는 부분이다.

[그림 4-12] 총 노동자수 중 재생에너지부문 고용 비중 추정(2019년)



자료: IRENA, <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Benefits/Renewable-Energy-Employment-by-Country>(최종접속일: 2021.6.11.) 및 OECD, <https://data.oecd.org/emp/employment-rate.htm>(최종접속일: 2021.6.11.)을 바탕으로 저자 작성

[그림 4-13] GDP 십억 달러당 재생에너지 관련 누적 특허 건수(2018년)



자료: IRENA, <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Innovation-and-Technology/Patents-Evolution>(최종접속일: 2021.6.11.) 및 OECD ilibrary, https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?ocd_bv_id=enestats-data-en&doi=data-00514-en(최종접속일: 2021.7.23.)을 바탕으로 저자 작성

3. 소결론

본 장에서는 앞에서 예시로 제시된 지표체계를 바탕으로 주요국과의 상대비교를 수행해보았다. 그 결과 우리나라는 에너지전환의 궁극적인 목표 중 하나인 탄소중립 실현이 주요국들에 비해 아직 미흡한 수준이지만, 탄소중립을 실현하기 위한 구조변화 측면에 있어서는 긍정적인 모습을 관찰할 수 있었다. 탈석탄 정책 및 재생에너지 투자가 꾸준히 이루어지고 있고, 최종에너지 및 수송부문에서의 양호한 전기화 수준을 확인하였다. 그리고 전력공급의 안정성과 유연성 측면에서는 아주 우수한 인프라 수준을 확인할 수 있었으며 향후에도 주요국 대비 우수한 발전 가능성을 확인할 수 있었다. 국가경제 기여 측면에서는 고용 측면에서 여전히 미흡한 것이 현실이나, 누적된 기술역량을 바탕으로 기술집약적 산업으로의 육성이 가능함을 확인할 수 있었다.

이번 장에서 제시한 지표체계나 상대비교 결과들은 극히 일부의 지표를 가지고 도출해본 예시들이다. 지표체계의 완성도를 제고하기 위해서는 보다 기술적이고 전문적 차원의 지표들, 예를 들어 ‘공급 안정성 및 유연성’ 관련하여 재생에너지 출력제한량 지표, 분산형 전력시스템 관련 지표 등이 추가되어야 할 것이다. 또한 예를 들어 향후 해외로부터 청정수소 수입이 확대될 경우 등을 고려한 새로운 종류의 에너지안보 지표들도 개발되어야 할 것이다. 아울러 ‘공정한’ 에너지전환의 중요성이 강조되고 환경·사회·거버넌스(ESG) 개념이 확장되기 시작하기 때문에 이와 관련된 지표들도 보강되어야 할 것이다.

그러나 지표체계의 완성도를 떠나 ETI 등 에너지전환을 표방한 기존 지표들의 문제점을 개선하고 발전방향을 제시한다는 측면에서는 본 장에서 보여준 내용이 의미가 있다고 하겠다. 특히 우리나라의 에너지

전환 노력의 실상을 보여주기 위해서는 에너지전환의 각 측면을 구체적으로 보여줄 수 있는 대안적인 지표체계가 필요하다는 사실을 확인할 수 있었다. 이는 ‘구조변화’와 관련하여 예시로 선정된 몇 개의 대표적인 지표들에서 우리나라가 주요국에 비해 크게 뒤처지지 않은 것에서도 여실히 드러난다.

제5장 결론 및 시사점

본 연구는 궁극적으로 우리나라 에너지전환정책 추진의 현주소를 가늠하기 위한 것을 목적으로 한다. 이를 위해서는 합리적이고 체계적인 성과지표체계가 필요하기에, 연구를 기존의 대표적인 지표체계들에 대한 분석에서부터 시작하였다. 그러나 WEF의 ETI와 같은 대표적인 지표들이 에너지전환의 의미를 제대로 전달하지 못하고 있음을 발견하게 되었고, 이는 대안적인 새로운 지표체계의 고안으로 연결되게 되었다. 그러다보니 본 연구의 원래 목적인 정책 시사점 도출보다는 상대비교를 위한 중간과정 성격의 지표체계에 더 초점이 맞춰진 것처럼 보이게 되었다.

그러나 보다 본질적인 문제인 지표체계에 대해 고찰함으로써 오히려 우리나라 에너지전환정책의 현황을 실질적으로 더 잘 파악할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다. 비록 ETI 등 해외 주요 지표들이 발표한 것과 같이 우리나라는 에너지전환의 ‘결과적’ 성과는 아직 미흡하지만, 구조적 변화 노력이나 여건에 있어서 결코 주요국들에 비해 뒤지지 않음을 확인할 수 있었다. 특히 전기화를 위한 여건이 우수하고 관련 투자가 활발하여 현재보다는 앞으로가 더욱 기대됨을 일부 지표를 통해서나마 확인할 수 있었다.

본 연구에서 제시한 지표체계나 이를 통한 상대비교 결과는 예시로 제시된 것이므로 참고용으로만 활용하는 것이 적절할 것이다. 그럼에도 불구하고 몇 가지 도출된 결과를 바탕으로 우리나라 에너지전환정책에 대한 몇 가지 시사점을 다음과 같이 도출할 수 있다.

첫째, 우리나라는 우수한 인프라 등을 볼 때 에너지전환의 기술적 차원의 제반 여건은 충분히 갖춰진 것으로 보인다. 그런데 미래 유연성자원의 대표로 간주되는 ESS 관련 투자를 보면, BTM(behind the meter)의 비중이 더 큰 우리나라와 일본을 제외하면 대부분의 국가들은 주로 그리드 수준의 ESS 확충에 역점을 두고 있다. 이는 재생에너지발전 비중이 커지면서 이를 송전단 레벨에서 대응하기 위한 것으로 보이는데, 우리나라도 향후 이와 관련한 정책의 방향을 정할 때 참고할 필요가 있을 것이다.

둘째, 우리나라의 재생에너지 관련 기술 개발 실적이 성과에 비해 지나치게 많은 것으로 보인다. 따라서 재생에너지 기술에 투입되는 예산이 실제 어느 정도의 성과를 거두고 있는지 알 수 있는 면밀한 모니터링과 환류시스템이 필요할 것이다. 특히 대부분의 국가들이 2050년경 탄소중립 실현을 목표로 하면서 이를 위한 기술로드맵 수립에 매진하고 있는데, 우리나라가 기존의 기술개발 실적을 체계화하고 통합한다면 다른 국가들에 비해 보다 발전적이고 효율적으로 이를 추진할 수 있을 것으로 판단된다.

셋째, 공급측면의 에너지전환뿐만 아니라 수요측면에서의 에너지 이용형태 혁신과 관련하여 다양한 정책 모델이 개발될 필요가 있고 이를 지표체계에 포함시킬 필요가 있다. 예를 들어, 본 연구에서 예시로 제시한 지표체계에서 ‘전기화 및 원·부문 간 연계’ 관련 다양한 세부지표를 찾아보았으나, 현실적으로 최종에너지 전력비중 지표나 전기차 보급 지표 등 단편적인 종류 외에는 찾을 수가 없었다. 이는 그동안 수요측면에서의 이용형태 혁신 관련 정책 추진이나 관련 통계 구축이 중요시되지 않은 이유가 크다. 또한 섹터커플링의 다양한 형태, 예를 들

어 히트펌프, 연료전지 등뿐만 아니라 미래 섹터커플링의 핵심기술이 될 수전해 기술개발 관련 지표도 포함될 필요가 있으나, 현재 국내에는 관련 통계가 미비한 상황으로 지표 설정이 어려웠다. 따라서 향후에는 이와 같이 수요측면의 에너지전환과 관련된 정책이 적극 개발되어야 할 것이다.

마지막으로, 국가경제의 관점에서 에너지전환의 기여도를 제고할 수 있는 방안을 적극적으로 찾을 필요가 있다. 특히 재생에너지와 관련된 고용효과가 주요국과 비교할 때 낮은 것으로 나타났는데, 이는 주요국들은 재생에너지를 어느 정도 주력산업화한 반면, 우리나라는 그러지 못하고 있음을 말해주는 것이다. 온실가스 감축 등과 같은 결과적인 측면뿐만 아니라 국가경제에 이바지하는 주요 산업으로 육성될 수 있도록 에너지전환정책을 전략적 차원에서 접근할 필요가 있다.

참고문헌

<국내 문헌>

- 양의석. 2019. 『주요국의 에너지전환(Energy Transition) 추진 성과와 과제』. 에너지경제연구원.
- 양의석, 김태환. 2020. 『주요국 에너지 전환정책 변화분석 연구: 유럽 및 중동 국가들의 정책현안과 대응』. 산업통상자원부·에너지경제연구원. 에너지경제연구원, 「세계 에너지시장 인사이트」. 제19-43호. 2019.12.9. 에너지경제연구원, 「세계 에너지시장 인사이트」. 제20-13호. 2020.6.29.
- 이상준 외. 2021. 『지속가능한 사회를 위한 자원시스템 혁신 전략』. 경제·인문사회연구회.

<외국 문헌>

- BMWi. 2019. *Second Progress Report on the Energy Transition - The Energy of the Future (Reporting Year 2017, Summary)*. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy of Germany.
- ESMAP. 2018. Policy Matters: Regulatory Indicators For Sustainable Energy, The World Bank.
- Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF. 2020. *Global Trends in Renewable Energy Investment 2020*.
- IHA(International Hydropower Association). 2020. *2020 Hydropower status report*.

Singh, H.V., Bocca, R., Gomez, P., Dahlke, S., & Bazilian, M.
2019. The Energy Transitions Index – An analytical framework
for understanding the evolving global energy system. *Energy
Strategy Reviews*, Volume 26.

WEC(World Energy Council). 2020. *World Energy Trilemma Index
2020 Report*.

WEF(World Economic Forum). 2019. *Fostering Effective Energy
Transition 2019 Edition*.

_____. 2020. *Fostering Effective Energy
Transition 2020 Edition*.

_____. 2021. *Fostering Effective Energy
Transition 2021 Edition*.

<웹사이트>

한겨레, “한국 재생에너지 전환 세계 49위…10년 사이 7계단
낮아져”,

https://www.hani.co.kr/arti/science/science_general/995363.html

(최종접속일: 2021.7.2.)

BNEF,

[https://www.bnef.com/interactive-datasets/2d5d59acd9000014?data](https://www.bnef.com/interactive-datasets/2d5d59acd9000014?data-hub=11)

-hub=11(최종접속일: 2021.7.23.)

Global Energy Monitor,

<https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker/s>

ummary-data/(최종접속일: 2021.7.23.)

IEA World Energy Investment 2020,
https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2020/power-sector?utm_content=buffer61c85&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer (최종접속일: 2021.6.11.)

IRENA,
<https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Benefits/Renewable-Energy-Employment-by-Country>(최종접속일: 2021.6.11.)
<https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Innovation-and-Technology/Patents-Evolution>(최종접속일: 2021.6.11.)

OECD, <https://data.oecd.org/emp/employment-rate.htm>(최종접속일: 2021.6.11.)

OECD ilibrary, https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=AIR_GHG(최종접속일: 2021.6.11.)

OECD ilibrary World Energy Balances,
https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enestats-data-en&doi=data-00512-en(최종접속일: 2021.7.23.)

OECD ilibrary World Indicator,
https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enestats-data-en&doi=data-00514-en(최종접속일: 2021.7.23.)

The United Nations, <https://sdgs.un.org/goals/goal7> (최종접속일: 2021.7.20.)

The World Bank Group, RISE, <https://rise.worldbank.org>
(최종접속일: 2021.07.23.)

World Bank Databank,
<https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=3001&series=I.C.ELC.SAID.XD.DB1619>(최종접속일: 2021.7.23.)

World Economic Council Energy Trilemma Index.

[https://trilemma.worldenergy.org/#!/country-profile?country=Korea%20\(Rep.\)&year=2020](https://trilemma.worldenergy.org/#!/country-profile?country=Korea%20(Rep.)&year=2020) (최종접속일:2021.7.23.)

World Economic Forum.

<https://reports.weforum.org/fostering-effective-energy-transition-2019/energy-transition-index/country-scorecards/> (최종접속일: 2021.7.15.)

<https://www.weforum.org/reports/1edb4488-deb4-4151-9d4f-ff355eec499a/in-full/country-deep-dives> (최종접속일: 2021.7.15.)

이 수 민

現 에너지경제연구원 부연구위원

김 창 훈

現 에너지경제연구원 연구위원

<주요저서 및 논문>

『주요국 거버넌스 체계 분석을 통한 에너지분야 지역분권 방향 연구』,
기본연구보고서 19-10, 에너지경제연구원, 2019.

수시연구보고서 2021-01

주요국 상대비교를 통한 우리나라 에너지전환정책 시사점 연구

2021년 7월 31일 인쇄

2021년 7월 31일 발행

저 자 이 수 민, 김 창 훈

발행인 김 현 제

발행처 에너지경제연구원

44543 울산광역시 중가로 405-11

전화: (052)714-2114(代) 팩시밀리: (052)-714-2028

등 록 제 369-2016-000001호(2016년 1월 22일)

인 쇄 (사)한국척수장애인협회 디지털인쇄사업소

©에너지경제연구원 2021

ISBN 978-89-5504-813-1 93320

* 파본은 교환해 드립니다.

값 7,000원

본 연구에 포함된 정책 대안 등 주요 내용은 에너지경제연구원의 공식적인
의견이 아닌 연구진의 개인 견해를 밝히 둡니다.



KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE

