

자원확보 및 안보 국가 목표지표 해외 사례연구

한국지질자원연구원/박사

김 대 형

I. 서론

- 부족한 자원이 빈약한 자원빈국들은 필요한 자원을 해외에서 도입하여야 하는데, 전 세계에서 해당 자원의 수요와 공급에 불균형이 생기면 자원확보에 차질이 발생하며, 국민경제 활동은 물론 국가안보, 국민생활 등 총체적 국가 위협이 발생 될 수 있음
- 우리나라처럼 에너지 및 자원의 수입의존도가 높은 나라들은 에너지 및 자원을 확보하는 것이 나라의 존속 여부와 국민들의 후생을 결정하기도 함
- 이러한 이유로 우리나라는 에너지 안보를 악화시키고 위협하는 대내대외적 요인들에 대비하여 장기적 관점에서 에너지 및 자원의 자주공급과 에너지원의 다양화, 에너지수입의 지리적 다변화, 해외자원개발 등을 추진하여 왔음
- 특히 정부는 에너지 및 자원 안보 및 확보와 관련하여 이를 계량적으로 표현할 수 있는 지표들을 개발하여 정책 목표나, 정책적 성과를 모니터링하고, 피드백하는 자료로 활용하여 왔음
- 에너지 및 자원 안보와 관련하여서는 우리나라 이외에도 일본, 미국, EU 등 많은 국가들이 자원 안보 및 확보를 계량화 하여 보여주는 지표들을 개발하여 활용하고 있으며, 국제에너지기구(IEA) 세계에너지위원회(WEC: World Energy Council) 등 에너지 관련 국제기구도 에너지 안보와 관련된 다양한 지표들을 개발하여, 에너지 안보와 관련된 국제적 비교 및 자체적 지표로의 활용 등을 권고하기도 함
- 이에 본 연구에서는 국제적인 에너지안보 지표 개발 동향과 적용사례 등을 조사 분석하여, 우리나라와의 공통점과 차이점을 살펴보고, 우리나라가 활용할 수 있는 시사점을 찾아보고자 함

- 이를 위해서 우선 최근 진행되었던 자원 안보 및 확보와 관련 된 국내외 연구동향을 살펴보고자 하며, 국제 에너지 관련 기관들과 미국, 일본 등 선진국의 지표 활용 사례들을 검토하고자 함
- 그리고 이러한 검토를 통해, 우리의 에너지 및 자원안보 지표의 적절성에 대한 평가와 함께 활용 방안 등의 시사점을 찾아보고자 함

II. 에너지 및 자원안보 관련 국내외 주요 연구 사례 분석

- 자원안보에 대한 정의는 시대에 따라 다양한 정의가 존재하지만 일반적으로 ‘수용 가능한 가격수준에서 공급의 중단 없이 확보할 수 있는 상태’로 정의할 수 있음
- 이를 더 구체적으로 설명하면, 자원안보는 ‘자원의 안정적 확보와 공급원의 다변화에서 더 나아가 수송과 사용과 관련된 모든 공급 인프라를 포괄하는 개념(Yergin, 2006)’으로 정의하기도 함
- 이러한 안보관을 바탕으로 자원안보 상태를 정량적으로 평가하기 위한 다양한 학술적 연구가 이루어진 바 있는데, 과거 연구의 대부분은 에너지를 중심으로 수행되었음
 - 광물자원의 경우는 2000년 대 후반 들어 정량 지표 개관 관련 연구들이 나오기 시작
- 자원안보와 관련된 대표적인 학술연구로는 Bert Kruyt(2009)의 연구를 지적할 수 있는데, Kruyt가 제시한 에너지 안보의 기준이 되는 스펙트럼과 제시한 에너지안보 지표는 향후 연구의 기본적인 개념과 기준어 활용되고 있음
 - 즉, 에너지 안보의 기준이 되는 스펙트럼을 매장량과 생산에 관한 요소인 Availability(유용성), 에너지의 접근 측면에 관한 요소인 Accessibility(접근성), 에너지 가격에 관한 요소인 Affordability(적절성), 환경에 관한 영향인 Acceptability(용인성)으로 구분하고, 이를 측정할 수 이를 측정할 수 있는 지표들을 제시한 바 있음
 - 제시된 측정 지표로 단순지표(Simple Indicators) 10개와, 단순지표를 적절히 결합하여 사용하는 복합지표(Aggregated Indicators) 5개를 제시하고 있음
- 에너지안보의 기준이 되는 스펙트럼과 에너지안보 지표의 구성은 다음 (그림2-1) 과 같으며, 각 지표에 대한 정의와 내용은 다음 <표2-1>과 같이 요약할 수 있음

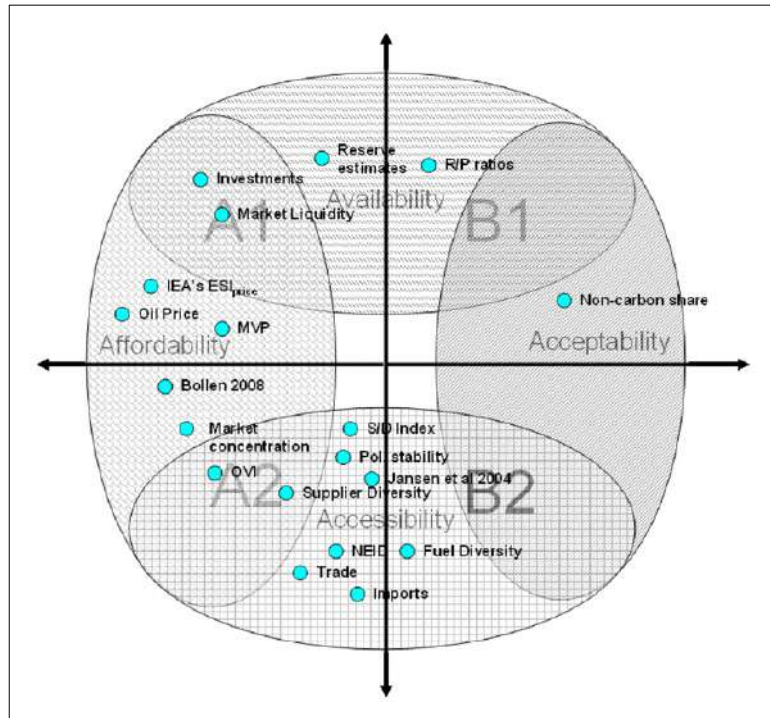


그림 2-1 | 에너지안보 스펙트럼과 에너지안보지표의 관계
 자료) Bert Kruyt(2009), p. 2171

표 2-1 | Kruyt의 에너지안보 지표와 지표별 정의와 내용

지표명	주요 내용
평가 자원량(Resource estimates)	<ul style="list-style-type: none"> 이용가능한 자원량은 에너지 안보의 직접적인 지표로 사용 가능 실제 존재하고 이용 가능한 에너지원이 기준
매장량 대비 생산율(Reserves to production ratios)	<ul style="list-style-type: none"> Reserves to production ratios는 에너지 안보의 지표로 사용 가능 당해 년도 생산과 평년 생산 수준과의 비교를 통해 생산 가능성 판단 가능
에너지원의 다양성 (Diversity indices)	<ul style="list-style-type: none"> 에너지원의 다양성은 공급 위험요소로 고려 가능 다양한 에너지원은 에너지 공급 위험을 낮출 수 있음.
수입 의존도(Import dependence)	<ul style="list-style-type: none"> 수입 의존도 측정은 에너지 안보 관련서 직접적이고 통찰력 있는 지표
정치적 안정성(Political stability)	<ul style="list-style-type: none"> 정치적 상황은 에너지 공급 측면에서 에너지 안보에 매우 중요 정권 안정성, 폭력성, 규범준수와 같은 항목으로 평가
에너지 가격(Energy price)	<ul style="list-style-type: none"> Oil 가격은 경제적으로 중요한 역할을 하며 에너지 안보 지표로 중요 Oil 가격(에너지 가격)은 에너지 안보의 다양한 사례 적용과 분석에 유용하게 이용
평균분산 포트폴리오(Mean variance portfolio theory)	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 시스템(Lesbirel, 2004)과 에너지 안보지표에 적용 가능함. 효율적 경계선을 제공해주며 다른 지표들보다 유용한 지표임.
탄소배출관련성(Share of	<ul style="list-style-type: none"> Acceptability(용인성)과 관련

지표명	주요 내용
Zero-carbon fuels)	• The Aisa Pacific Energy Research Centre(APERC)는 탄소관련 사항을 지표로 채택
시장 유동성(Market liquidity)	• 수요와 공급 관련 요소로 에너지 안보와 관련 있음
수급비(S/D index : Supply-demand index)	• 수요와 공급을 기반으로 하는 지표 • 간단한 비중식, 공급원, 효율성, 네트워크 요소가 반영
Oil vulnerability index (OVI)	• 통계적 방법(PCA)을 기반으로 7가지 지표 화가 가능 * the ratio of value of oil imports to GDP, Oil consumption per unit of GDP, GDP per capita, Oil share in total energy supply, Ratio of domestic reserves to oil consumption, Exposure to geopolitical oil supply concentration risksnet, Oil import dependence
IEA에너지 안보지수	• IEA는 에너지 안보를 위해 물리적 접근 가능성, 시장을 중심으로 하는 가격 위험성 2 가지 지표를 이용
Simpson index (to measure diversity)	• 에너지 다양성을 측정하기 위한 지표로 수식은 다음과 같음. $D = \sum_i p_i^2, p_i : \text{The share of fuel } i \text{ in the energy mix}$
Shannon index (to measure diversity)	• 에너지 다양성과 공급자의 다양성 특징을 나타내는 지표로 수식은 다음과 같음. $H = - \sum_i p_i \ln p_i, i : \text{the market share of supplier } i.$

○ Bert Kruyt(2009)에너지 안보 지표 연구 외의 기타 연구들을 정리하면 다음 표와 같음

표 2-2 Benjamin K. 의 에너지안보 연구 개요

개요	<p>제목: Evaluating energy security performance from 1990 to 2010 for eighteen countries</p> <p>저자: Benjamin K. Sovacool, Ishani Mukherjee, Ira Martina Drupady, Anthony L. D'Agostino</p> <p>출판시기: 2011, 저널명: Energy</p>
목적	<p>대부분 진행된 에너지 안보에 대한 연구는 특정 부문(e.g. 에너지원 단위)에만 집중하고 있거나, 개별 국가 혹은 특정 기술 (e.g. 핵안보, 석유 안보)에만 집중하고 있으며 상대적으로 강함 (strength)과 약함 (weaknesses)의 정도만을 판별하고 있기 때문에 에너지 안보 지수를 개념화하고 수치화하기 위해 개발함.</p>
평가 체계/ 적용 모형	<p>에너지 안보 지수를 수치화하기 위해 전문가들에게 실시한 설문과 인터뷰 자료를 이용함. 각 설문과 인터뷰 질문은 다음 기준에 따라 실시됨.</p> <p>에너지 안보의 어떤 항목(Dimensions)이 가장 중요한가? 어떤 metrics가 이 항목들을 가장 잘 반영할 수 있는가? 이 metrics가 한 국가의 에너지 안보 수행을 측정하는 범용적인 지수를 만드는 데 어떻게 사용될 수 있는가?</p> <p>위 기준에 따라 얻어진 설문과 인터뷰 자료를 통해 metrics를 생성, 합산한 후에, 가장 점수가 높은 국가를 100으로 환산하여 정규화시킴. 이 정규화 과정 후 모든 metrics를 합산하여 국가별 안보지수를 비교 함.</p>

평가 항목	총 5개의 항목 (Availability, Affordability, Technology development and efficiency, Environmental sustainability, Regulation and governance)으로 이루어져 있으며 각 항목이 3개 혹은 4개의 Metrics로 이루어져 있어 총 19개의 Metrics를 합하여 에너지 안보지수를 계산함.
시사점	장점: 수집이 용이한 자료를 가지고 안보지수를 형성하였기 때문에 모든 국가에 적용이 가능함. 단점: 모형이 간단하고 5개의 항목 안에 존재하는 Metrics를 합산하였기 때문에 모든 항목들이 같은 중요도(가중치)를 가짐.

표 2-3 | Hai-Ying Zhang의 에너지안보 연구 개요

개요	제목: An evaluation framework for oil import security based on the supply chain with a case study focused on China 저자: Hai-Ying Zhang, Qiang Ji, Ying Fan 출판시기: 2013, 저널명: Energy Economics
목적	오일 공급의 3가지 주요 단계에 기초하여, 외부 의존성(의존성 리스크), 공급 안전성(공급 리스크), 오일 거래(경제 리스크), 운송(운송 리스크)의 4가지 차원의 오일 수입 리스크를 분석하였으며, 오일 수입 안보를 평가하는 체계적인 분석 프레임을 제안하는데 그 목적이 있음.
평가 체계/ 적용 모형	공급위험, 경제적 위험, 운송 위험, 의존성 위험에 속하는 총 8 항목들을 정량화 한 후에 이 항목들의 가중치를 결정하기 위하여 two-phase DEA-like model을 이용함. 각 항목들의 가중치와 항목들의 값을 곱한 후 합산하여 전체 오일 공급 안정성을 평가
평가 항목	수입 리스크 분석을 위해 공급 체인의 각 단계(외부의존단계, 외부공급단계, 외부수집단계)에 따른 잠재적 위험 요인으로 세계 오일 수입 대비 중국의 오일 수입 비율, 지정학적 오일 공급 시장 집중도, US달러 지수 변동성, 오일 가격 변동성, GDP대비 오일 수입 비용, 통상로 위험, 오일 수입 의존도, 오일 수입원의 다양성을 평가함.
시사점	장점: 각 단계의 잠재적 위험 요인과 two-phase DEA-like model을 이용하여 매년 오일 수입 안보를 평가하고 비교할 뿐만 아니라 오일 수입 안보에 영향을 미치는 세부 리스크 요인을 분석할 수 있음. 단점: 오일 수입 안보에 영향을 미치는 잠재적 위험 요인들 사이의 상관관계를 다룰 수 없고 DEA 모형은 자원 안보의 중요도에 따른 가중치를 부여하는 방법론으로 보기에는 적합하지 않기 때문에 종합적인 평가를 위한 가중치 산정에 있어서 보다 합리적인 대안이 필요

표 2-4 | Bengt Johansson의 에너지안보 연구 개요

연구 일반	제목: A broadened typology on energy and security 저자: Bengt Johansson 출판시기: 2013 저널명: Energy
목적 및 개발시기	기존 연구, 정책의 관점을 적용하여 에너지 안보의 이해 향상을 목표로 에너지 안보를 객체, 주체적인 차원으로 설명 에너지 안보의 개념은 각기 다른 정치적, 지리적 배경에 따라 그 함의가 달라져왔으며, 일반적으로 에너지 안보는 경제적 관점을 적용시켜 공급 안보와 같은 의미로 사용됨. 반면, 에너지가 국가 간 충돌을 야기하거나 기타 안보 위협을 야기할 가능성이 있다는 또 다른 관점이 존재하며 본 연구는 두 관점을 포함하는 에너지와 안보 문제를 분류하고 광범위한 유형을 확립하고자 함.
평가 체계/ 적용 모형	-

평가 항목	-
시사점	<p>객체로서 에너지 안보: 에너지 시스템이 사회 기능에 필요한 서비스를 제공할 수 있도록, 외부 안보 위협으로부터 보호되어야하는 객체로 취급될 수 있으며, 객체로서의 에너지 시스템은 에너지 공급 안보와 수요 안보로 분류 가능함.</p> <p>주체로서 에너지 안보: 에너지 시스템이 넓은 의미에서 인간, 국가 및 사회 안보에 위협을 가하는 주체로 간주될 수 있음. 주체로서의 에너지 시스템은 에너지와 안보의 관계가 불안정 및 위협을 가중시키는 관계로 볼 수 있으며, 경제적, 기술적, 정치적 위협 요소로 분류 가능함.</p>

표 2-5 | 조용현의 에너지안보 연구 개요

연구 일반	<p>제목: 에너지 취약성 지수에 관한 연구</p> <p>저자: 조용현</p> <p>출판시기: 2008, 박사학위논문</p>
목적 및 개발시기	<p>석유를 중심으로 에너지 취약성의 개념을 정립하고, 에너지 취약성에 영향을 주는 지표 요소들을 고려하여 에너지 취약성 지수를 개발</p>
평가 체계/ 적용 모형	<p>에너지 취약성에 영향을 주는 요인들을 변수 표준화 작업</p> <ul style="list-style-type: none"> - 최우위, 최열위 성과로부터의 거리 방법 이용 <p>표준화된 각 요소에 가중치를 부여</p> <ul style="list-style-type: none"> - 주성분분석(PCA) 방법 이용
평가 항목	<p>에너지 취약성은 '합리적인 가격에서의 신뢰할 수 있는 공급의 부족'으로 간략하게 정의 할 수 있으며 이 에너지 취약성에 미치는 3가지 요소로는 에너지공급 위험(energy supply risk), 에너지 시장 위험(energy market risk), 에너지 환경위험(energy environment risk)이 있음.</p> <p>3가지 요소 중, 에너지 공급 위험을 기준으로 지정학적위험, 시장유동성, 일인당 GDP, 석유원단위, 원유도입액/GDP, 석유비중/일차에너지 소비 6가지 항목을 고려하여 평가</p>
시사점	<p>에너지 취약성 지수가 정당하며 합리적이기 위해서는 안정성(시간의 흐름에 따른 변화)이 보장되어야 하는데 주성분분석 방법은 단순종합방식에 비해 상대적으로 안정적임.</p> <p>장점: 에너지 취약성에 영향을 주는 개별지표 요소에 가중치를 부여하였기에 각 지표 요소가 상대적으로 적절하게 에너지 취약성에 반영 되었다고 할 수 있음.</p> <p>단점: 주성분분석(PCA)는 단순종합방식 보다는 합리적이지만, 다수의 변수들이 내포하는 모든 정보를 하나의 주성분이 함축할 수 없으며 적절한 가중치 부여에 대해서 고려해야함.</p>

Ⅲ. 국제기구의 에너지 및 자원 확보 및 안보 관련 목표지표

- 본 장에서는 에너지 및 자원 안보와 관련하여, 공신력 있는 주요 에너지 관련 국제기구들의 연구결과들을 살펴보고 시사점을 도출해 보고자 함

1. 국제에너지기구(IEA)의 에너지 안보 평가 모델 및 지표 구조

- IEA는 2011년에 <MOSES : The IEA Model of Short Term Energy Security> 라는 연구를 수행, 에너지 안보의 정도를 분석할 수 있는 새로운 지표들을 제안한 바 있음
 - IEA는, 아직 석유 공급이 에너지 안보의 중심으로 남아있긴 하지만, 복잡해진 에너지 시스템의 구조를 반영할 수 있는 체계적이고 명확한 에너지안보와 관련된 분석의 필요성을 제기
 - 즉, 복잡해진 에너지 시스템에서는 더 이상 석유의 수입 의존도, 공급처, 비상시 비축분만으론 에너지 안보를 분석하기에 충분하지 못하다고 강조
- MOSES는 단기 에너지 안보를 평가하고 지표를 산정하는 모델을 개발하여, IEA 국가들의 에너지 체계의 취약성을 조명하고 개별 국가별 에너지 안보의 형태를 분석 하였음
 - MOSES에는 주요 7개(원유, 천연가스, 석탄, 바이오&폐기물 에너지, 수력, 지열, 원자력) 에너지 원의 공급 안보를 분석
- MOSES는 물리적인 단절이 일정 기간 지속되었을 시 이에 대응할 수 있는지에 대한 취약성을 평가
 - 외부적 위협으로 수입을, 국내적 위협요인으로 수송과 유통을 평가
- 이를 통하여 특정 에너지원 인프라의 강점과 약점을 파악하고, 분석 결과를 바탕으로 위험(Risk)을 완화시키며 회복력(Resilience)은 강화시킬 수 있는 대안 수립이 필요하다고 제안
- 본 보고서에서 밝히고 있는 MOSES연구에 있어 가정과 제약 요소들은 다음과 같음
 - ① MOSES는 단기적인 에너지공급 단절의 영향을 분석하기 위한 지표이기 때문에 장기적인 측면에서 고려 대상이 되는 환경적 영향, 급격한 수요의 증가, 천연 자원의 고갈 등의 요인은 고려하지 않았음
 - ② 또한 물리적 단절만을 중점으로 고려했기 때문에 구매능력이나 에너지 가격의 수준 및 변동성도 고려사항에서 제외
 - ③ MOSES는 개별 국가를 대상으로 하기 때문에 EU같이 여러 국가가 하나의 지역 시장으로 작용하

는 경우를 설명하지는 못한다는 한계가 있음

- ④ 또한 각 에너지원별 간의 공급 안정도를 비교할 수 없으며
 - ⑤ 한 국가의 전반적인 에너지 안보지수를 평가하기 위한 지표가 아님을 명시
- MOSES는 에너지안보 평가의 기준이 되는 다음과 같은 4가지 영역을 설정

■ 표 3-1 ■ MOSES의 에너지 안보 평가 영역
(Dimensions of energy security addressed in MOSES)

	Risk	Resilience
External	External risks: risks associated with potential disruptions of energy imports.	External Resilience: ability to respond to disruptions of energy imports by substituting with other suppliers and supply routes.
Domestic	Domestic risks: risks arising in connection with domestic production and transformation of energy.	Domestic Resilience: domestic ability to respond to disruptions in energy supply such as fuel stocks.

자료) IEA(2011), p.10

- <표 3-1>의 8개의 에너지원을 대상으로 하며, 35개 항목의 지표를 적용하여 4가지 에너지안보 영역별 평가를 실시
- 35개 각각의 항목들은 국가별 에너지 시스템에 대한 이해를 위한 정보를 제공하지만, 체계화 되지 않은 수많은 지표들의 단순한 나열은 과도한 정보로 인해 리스크 해석의 혼란을 야기 시킬 수도 있는 바, 지표들의 결합 및 이에 대한 의미를 해석하는 과정이 필요

표 3-2 MOSES 에서의 자원안보 관련 위험 및 회복 지표
(Table of risk and resilience indicators used in MOSES)

Energy Source	Dimension		Indicator	Source(s)
Crude oil	External	Risk	Net import dependence	IEA
			Political stability of suppliers	IEA, OECD
		Res.	Entry points (ports and pipelines)	IEA
			Diversity of suppliers	IEA
	Domestic	Risk	Proportion of offshore production	IEA
		Res.	Average storage level	IEA
Oil products	External	Risk	Oil product net import dependence	IEA
		Res.	Diversity of suppliers	IEA
			Entry points (ports, rivers and pipelines)	IEA
	Domestic	Risk	Number of refineries	IEA
		Res.	Flexibility of refining infrastructure	IEA
			Average stock levels	IEA
Natural gas	External	Risk	Net import dependence	IEA
			Political stability of suppliers	IEA, OECD
		Res.	Entry points (LNG ports and pipelines)	IEA
			Diversity of suppliers	IEA
	Domestic	Risk	Proportion of offshore production	IEA
		Res.	Daily send-out capacity from underground and LNG storage	IEA
Coal	External	Risk	Net import dependence	IEA
			Political stability of suppliers	IEA, OECD
		Res.	Entry points (ports and railways)	IEA
			Diversity of suppliers	IEA
	Domestic	Risk	Proportion of mining that is underground	Various national sources
	Biomass and waste	External	Risk	Net import dependence
Domestic		Res.	Diversity of sources	IEA
Biofuels	External	Risk	Net import dependence	IEA
		Res.	Entry points (ports)	IEA
	Domestic	Risk	Volatility of agricultural output	IEA
Hydropower	Domestic	Risk/Res.	Annual volatility of production	IEA
Nuclear power	Domestic	Risk	Unplanned outage rate	IAEA
			Average age of nuclear power plants	IAEA
		Res.	Diversity of reactor models	IAEA
			Number of nuclear power plants	IAEA

자료) IEA(2011), p.11

- 이를 위해 MOSES에서는 2 단계로 나눠 지표들의 통합을 추진
 - 우선 low, medium, high등으로 각각의 개별 지표들을 구분함
 - * 예를 들어 원유의 수입 의존도를 평가할 때 15% 이하이면 low(독립적), 40-65%이면 medium (적당한 수입 의존), 80% 이상이면 high(수입 의존적)로 구분
 - 그 후 특정 위험이 다른 위험을 가중시키거나 특정 회복력(resilience)이 위험을 경감시킬 수 있는지를 분석하여 이를 다시 적용
 - * 예) 항구의 숫자와 파이프라인의 숫자는 수입 위험을 경감
 (※자국 내 생산이 주를 이루는 나라에는 해당되지 않음)
 비축은 수입 및 자국 내 생산과 관련된 위험을 경감
- 평가 사례로 원유(Crude oil)에 대한 평가 프로세스를 살펴보면 다음과 같음

가. 원유(Crude oil)

- 원유의 안보지수를 평가하는 지표로는 다음의 8개를 사용한다.

표 3-3 원유 : 평가지표

	Risks	Resilience
External	External risks: <ul style="list-style-type: none"> • import dependence • political stability of suppliers 	External resilience: <ul style="list-style-type: none"> • number of ports • number of pipelines • diversity of suppliers
Domestic	Domestic risks: <ul style="list-style-type: none"> • share of offshore production • volatility of domestic production 	Domestic resilience: <ul style="list-style-type: none"> • average storage level

자료) IEA(2011), p. 15

- 외부적 위험(External Risk) 지표는 <수입 의존도>, <공급국가의 정치 안정도>로 구성
 - 해당 지표로 OECD political stability rating을 이용
- 외부적 회복력(resilience)으로는 <수입항구의 개수>, <파이프라인의 수>, <공급자의 다양성>을 이용
 - 공급 다양성은 HHI(Herfindahl-Hirschman Index)를 사용
- 내부적 위험은 자국에서의 원유생산이 있는 국가에 적용 가능하며 위험 평가지표로는 <대륙붕 석유생

산 비율 (share of offshore production))과 <자국 생산의 변동성(Volatility of Domestic Production)>을 적용

- 국내생산량 변동성은 생산량의 월간 표준 편차를 해당년도의 월평균 원유 생산량으로 나누어 산정

○ 내부적 회복력(resilience) 평가 지표는 <평균원유비축수준(Average Storage Level)>을 적용

- <평균원유비축수준>은 최대 정제공장의 용량(maximum refinery)을 기준으로 원유비축량을 나눈 일(day) 기준으로 분류

○ 각 지표들의 등급을 나누는 기준은 <표 3-4>와 같음

표 3-4 원유 : 평가지표별 기준 범위

Dimension	Indicator	Low	Medium	High	
External risk	Import dependency	≤15%	40%-65%	≥80%	
	Political stability of suppliers	<2.5	≥2.9		
Domestic risk	Volatility of production	<20%	>20%		
	Share of offshore production	<15%	>90%		
External resilience	Diversity of suppliers	>0.8	0.30-0.8	<0.30	
	Import infrastructure (entry points)	Ports	0 1	2 3-4	≥5
		Pipelines	1 2	3-4 5-8	≥9
Domestic resilience	Storage levels	≤15	20-50	≥55	

자료) IEA(2011), p. 16

○ 평가 항목의 조합에 의해 <표3-5>와 같이 A부터 E 까지 5개의 그룹으로 국가를 분류

- 분류 작업 시 수입 의존도를 이용하여 우선적으로 구분하여 낮은 의존도를 보이는 국가들은 그룹 A, 중간 수준의 의존도를 보이는 국가들은 B로 구분

- 이 과정에서 국내 생산의 위험도와 관련된 요소로 그룹 내의 세부 분류를 할 수도 있음 (그룹을 구분 짓지는 않음).

표 3-5 원유 : 에너지안보 평가 프로파일

Group	Countries that:	No. of countries
A	Export crude oil or import ≤15% of their crude oil consumption.	5
B	Import 40%-65% of their crude oil consumption or Import ≥80% of their crude oil consumption and have • ≥5 crude oil ports, high supplier diversity and ≥55 days of crude oil storage.	4
C	Import ≥80% of their crude oil consumption and have: • ≥5 crude oil ports, high supplier diversity, and <50 days of crude oil storage or • 2-4 crude oil ports, high supplier diversity and >20 days of crude oil storage.	9
D	Import ≥80% of their crude oil consumption and have: • 2-4 crude oil ports, high supplier diversity, and ≤15 days of crude oil storage or • 2 crude oil ports or 3 crude oil pipelines, low supplier diversity, and ≥15 days crude oil storage or • 1-2 crude oil pipelines or 1 crude oil port and have either: • medium to high supplier diversity and ≥15 days of crude oil storage or • low supplier diversity and ≥55 days of crude oil storage.	6
E	Import ≥80% of their crude oil consumption and have: • 1-3 crude oil pipelines or 1 crude oil port and ≤15 days of crude oil storage or • 1-2 crude oil pipelines, low supplier diversity and <50 days of crude oil storage.	3

자료) IEA(2011), p. 18

- 다음으로 <표 5-6>과 같이 복합지표(Aggregate Indicators)를 통해 외적, 내적 회복력 요인들을 이용하여 원유 수입의존도가 높은 국가들에 대한 안보정도를 분석할 수도 있음
 - 이 과정에서는 수입 인프라 구조와 공급자의 다양성이 외적 회복력을 결정하기 위해 사용

표 3-6 원유 : 외적 회복력 평가와 관련한 복합지표

		Import infrastructure				
		Lowest	Low	Medium	Medium-High	High
Diversity of suppliers	Low	SK	PL	FI, HU		
	Medium	CZ	IE		SE,	
	High	AT	CH	BE, NL, PT, TK	GR,	DE, ES, FR, IT, KR, JP

자료) IEA(2011), p. 17

- 높은 외적 회복력을 갖춘 국가들은 B와 C그룹으로 분류되며, 중간 회복력인 국가는 C 또는 D, 낮은 회복력을 가진 국가는 D와 E로 분류됨
- (그림3-1)은 원유의 안보 지수를 도출하는 일련의 과정을 도식화한 것임
 - 분류된 각 그룹들은 몇 가지 기준으로 다음과 같이 다시 세분화될 수도 있음

- * 그룹 A에서는 비축 수준, 국내 생산량 변동치, offshore 생산 비율의 수준으로 세분화가 가능하며
- * 그룹 B에서는 국내 생산량 변동치, offshore 생산 비율, 수입 인프라 구조의 수준, 공급자의 다양성을 이용
- * 그룹 B, C, D, E에서는 공급자의 정치적인 안정도로 세분화가 가능

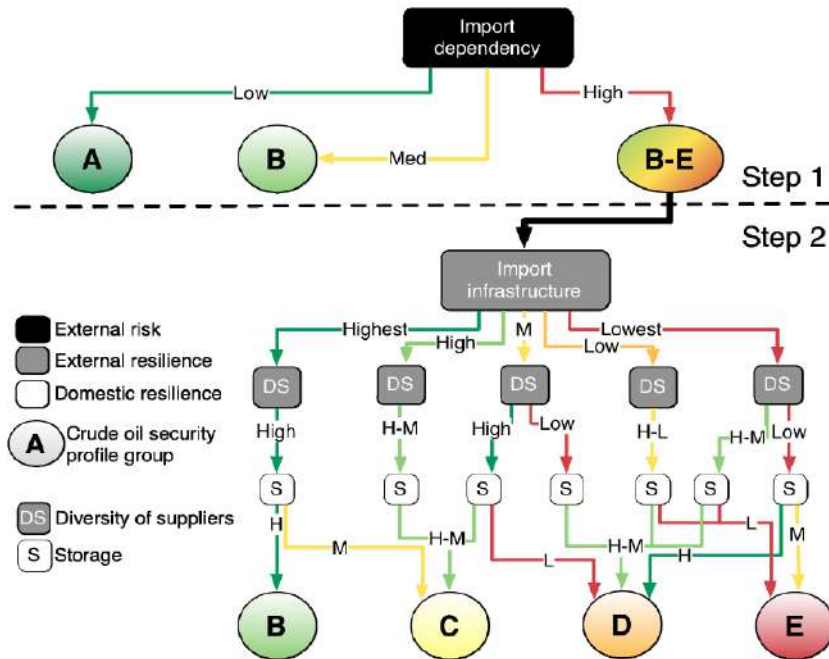


그림 3-1 원유 : 공급 안보 지표 평가 프로세스

자료) IEA(2011), p. 17

2. 세계에너지위원회(WEC)의 에너지안보 평가모델 및 지표 구조

- 세계에너지위원회(WEC : World Energy Council)에서도 Trilemma Index라고 통칭되는 에너지 안보를 포함한 에너지관련 지수를 산정 공표하고 있음
 - 지수는 매년 재 산정하여 공표하며, 2014년 기준으로 총 129개국을 대상으로 에너지 관련 지수를 산정하여 발표한 바 있음
- Trilemma 지수는 각 국가별 에너지 시스템 공급 능력의 안전성, 경제성, 친환경성에 대한 평가를 통해 국가별 정량화된 상대적 순위를 공표

표 3-7 Trilemma Index의 분류와 각 정의

평가 항목	정의
에너지 안보 (Energy security)	일차 에너지 공급의 효과적인 관리, 에너지 인프라의 안정성, 에너지 수요에 대한 공급 능력
에너지 경제성 (Energy equity)	대중의 에너지 접근성과 구매력 (accessibility & affordability)
환경적 지속성 (Environmental sustainability)	에너지 수용 공급의 효율성과 신재생, 저탄소 에너지원의 개발 수준

- 국가별 순위지표(Index Rankings)의 산정을 위한 고려 요소 들은 <표 3-8>에 나타난 바와 같이 총 23개의 항목으로 구성
 - 각 항목들은 60개의 실제 데이터를 이용하여 도출
 - 그 결과는 ①에너지 성과 (Energy performance)와 ②맥락 성과 (Contextual performance)로 구분하여 Index 결과를 제시
- 위의 항목들을 통해 지수화된 정량화된 점수를 산정하게 되며, 각 점수를 표준화 시킨 후, 각 국가의 정치, 사회, 경제력과 안정성을 포함하여 분석에 포함된 129국 사이의 순위를 평가해 A 등급부터 D등급까지 4그룹으로 분류.

표 3-8 에너지 Index 산정을 위한 고려 요소와 세부 항목

합계	지표 타입	고려요소	세부고려항목
100%	1. 에너지 성과 (75%)	1. 안보(25%)	1-1. 에너지 생산 대 소비 비율 1-2. 전력 발전원의 다양성 1-3. 발전에 대한 배전 손실 백분율 1-4. GDP 대비 총 1차 에너지 소비량 비율의 5년 성장률 1-5. Oil과 Oil 제품의 제고일수 1-6. GDP 대비 연료 수입 비중 1-7. GDP 대비 연료 수출 비중
		2. 유동성(25%)	2-1. 가솔린 이용 접근성 2-2. 전력에너지에 대한 접근성
		3. 환경요소(25%)	3-1. 에너지 집약도 3-2. 이산화탄소 배출정도 3-3. 대기, 토양 오염정도 3-4. 전력 생산의 이산화탄소 배출정도
	2. 맥락 성과 (25%)	1. 정책관련(8.3%)	1-1. 정치적 안정성 1-2. 규범의 질 1-3. 정부의 효율성

합계	지표 타입	고려요소	세부고려항목
		2. 사회관련(8.3%)	2-1. 부패의 수준 2-2. 법의 수준 2-3. 교육 수준 2-4. 건강 수준
		3. 경제관련(8.3%)	3-1. 생활비 수준 3-2. 경제의 안정성 3-3. 신용성

자료) WEC./Oliver Wyman(2014), p. 137

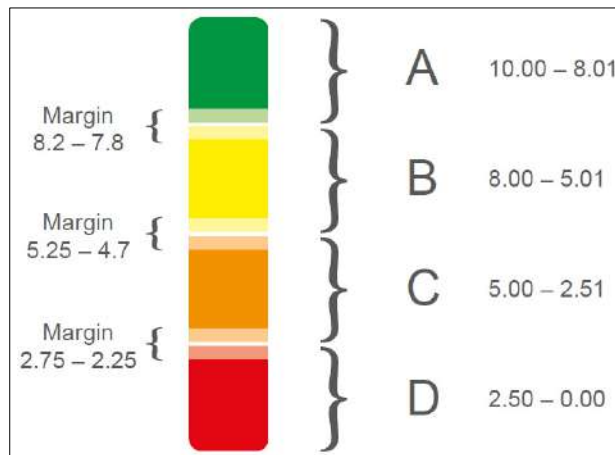


그림 3-2 | 가점 산정 체제

자료) WEC./Oliver Wyman (2014), p. 143

- Trilemma Index는 아래 그림과 같이 지역별 (Asia, Europe, Latin America and Caribbean, Middel East and North Africa, North America) 분석, 특성이 비슷한 국가들을 대상으로 한 지역 간 분석, 개별 국가들을 분석한 국가별 분석등 다양한 기준으로 국가별 상대적 순위를 제시

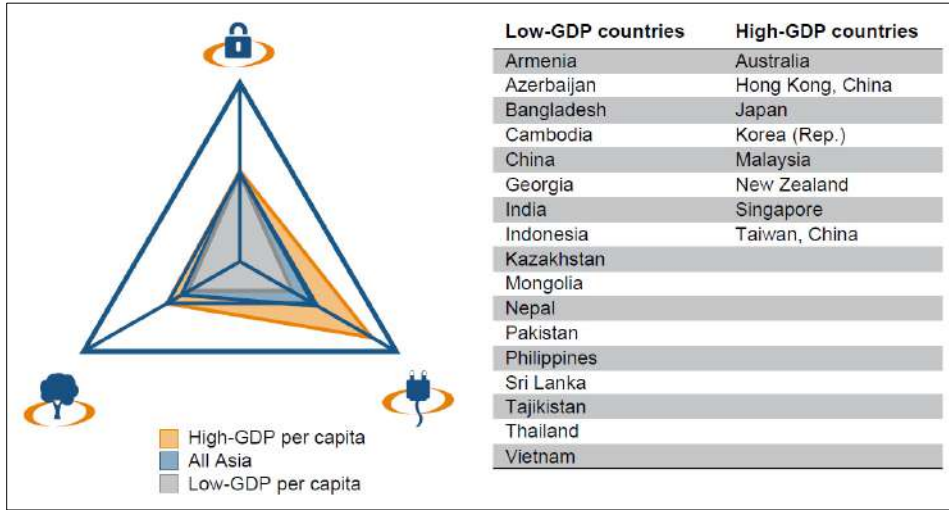


그림 3-3 Trilemma profile 사례: 아시아지역

자료) WEC./Oliver Wyman(2014), p. 20

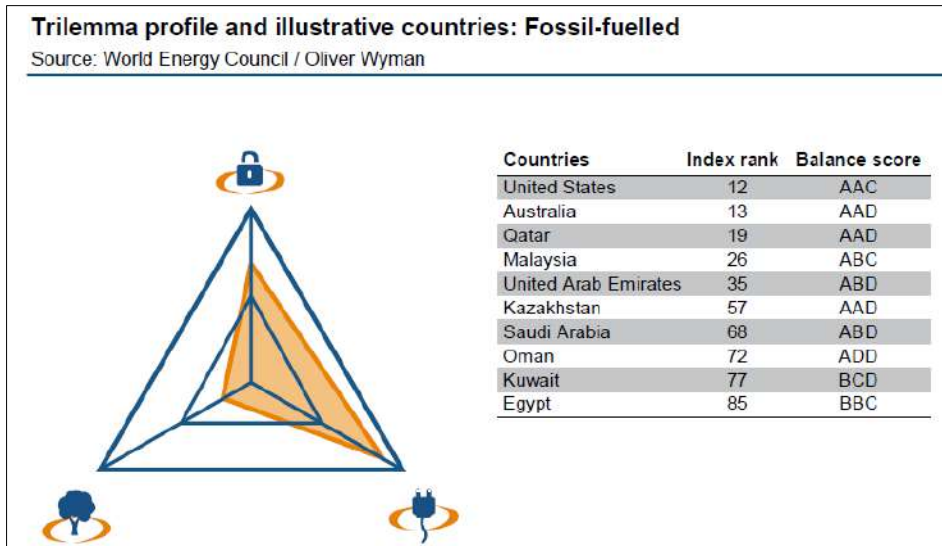
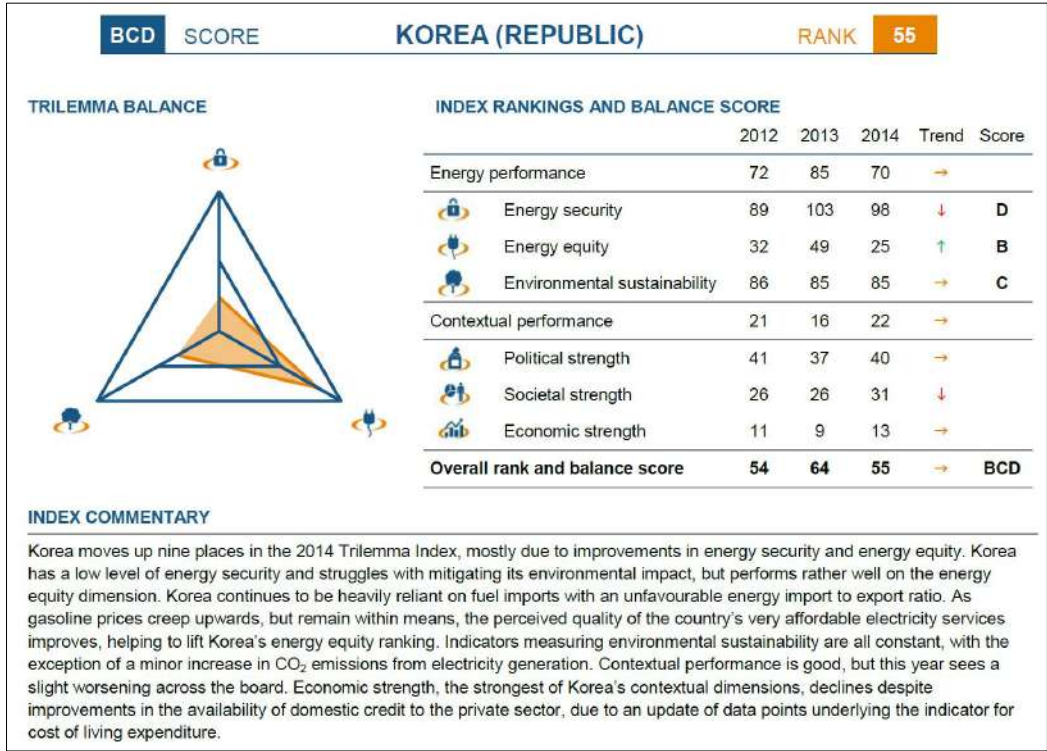


그림 3-4 Trilemma profile: 화석연료 사례

자료) WEC./Oliver Wyman(2014), p. 35

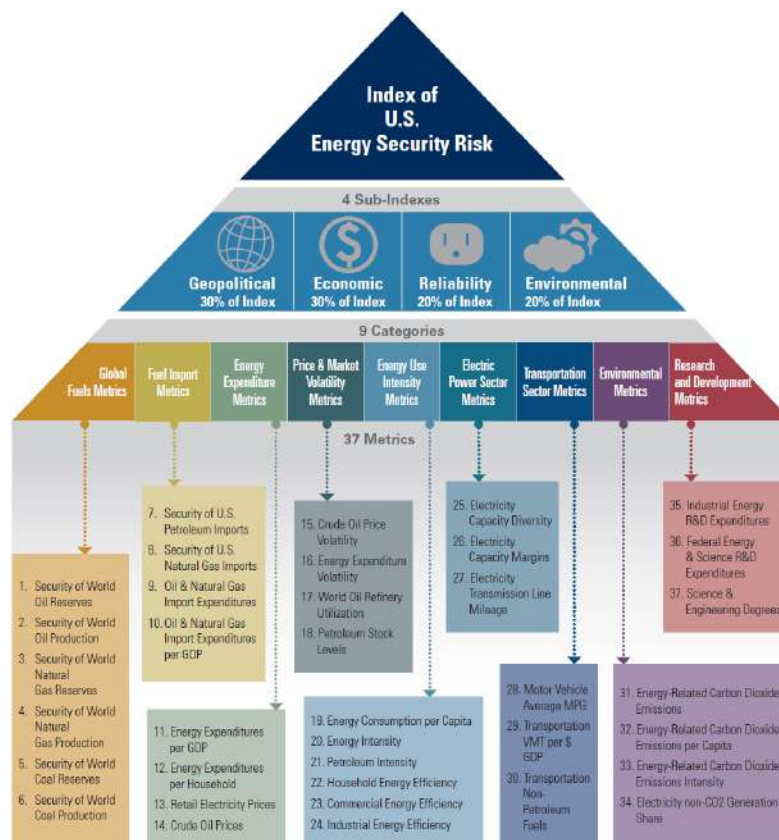


IV. 선진국의 에너지 및 자원 안보 관련 목표지표

1. 미국의 에너지 및 자원 안보 관련 목표 지표

(1) 미국 상공회의소(US Chamber of Commerce)의 에너지안보 위험지수

- 미국 상공회의소에서는 2014년 <Index of U.S., Energy Security Risk>라는 연구를 수행하여 에너지안보를 위협할 수 있는 평가 지표를 개발
- 본 연구는 미국의 에너지 안보를 위협할 수 있는 다양한 위험 요소들을 지수화 한 후, 이들 지표를 지정학적, 경제적 신뢰도 및 환경적 위험을 결합시켜 하나의 지표로 표현하고 있음



|| 그림 4-1 || 미국 상공회의소의 에너지안보리스크 지표의 구조
 자료) U.S. Chamber of Commerce(2014), p.24

- 본 지표를 통해 과거부터 현재까지 미국의 에너지 안보 수준이 어떻게 변화해왔는지 분석할 수 있으며, 추정치를 이용해 미래의 에너지 안보 수준을 예측하는데 사용될 수도 있음
- 에너지안보위험지표는 다양한 위험요소를 고려하기 위해 37개의 개별 항목들을 이용하여 구성되는데, 각 항목들은 위의 (그림 4-1)과 같음
 - 개별 항목 37개는 9개의 커다란 유형으로 재분류되며 이는 또 보조 지표 4가지로 수렴되며 최종적으로 이 4개의 보조 지표를 이용하여 하나의 통합 지표를 도출하게 됨
- 평가를 위해 사용하는 통계 자료 들은 다음 <표 4-1>에 명시된 바와 같은 조건을 충족시켜야 함

■ 표 4-1 ■ 사용가능 자료의 조건

Property	Description
Sensible	상식에 부합해야 함
Credible	사용된 데이터가 공인되었어야함
Accessible	대중이 손쉽게 이용 가능해야 함
Transparent	데이터의 기원과 조정과정이 명료해야함
Complete	충분한 과거의 데이터까지 존재해야 함
Prospective	과거 데이터에 따른 2040년까지의 예측치가 존재해야 함
Updatable	매년 새로운 데이터가 추가되어야 함

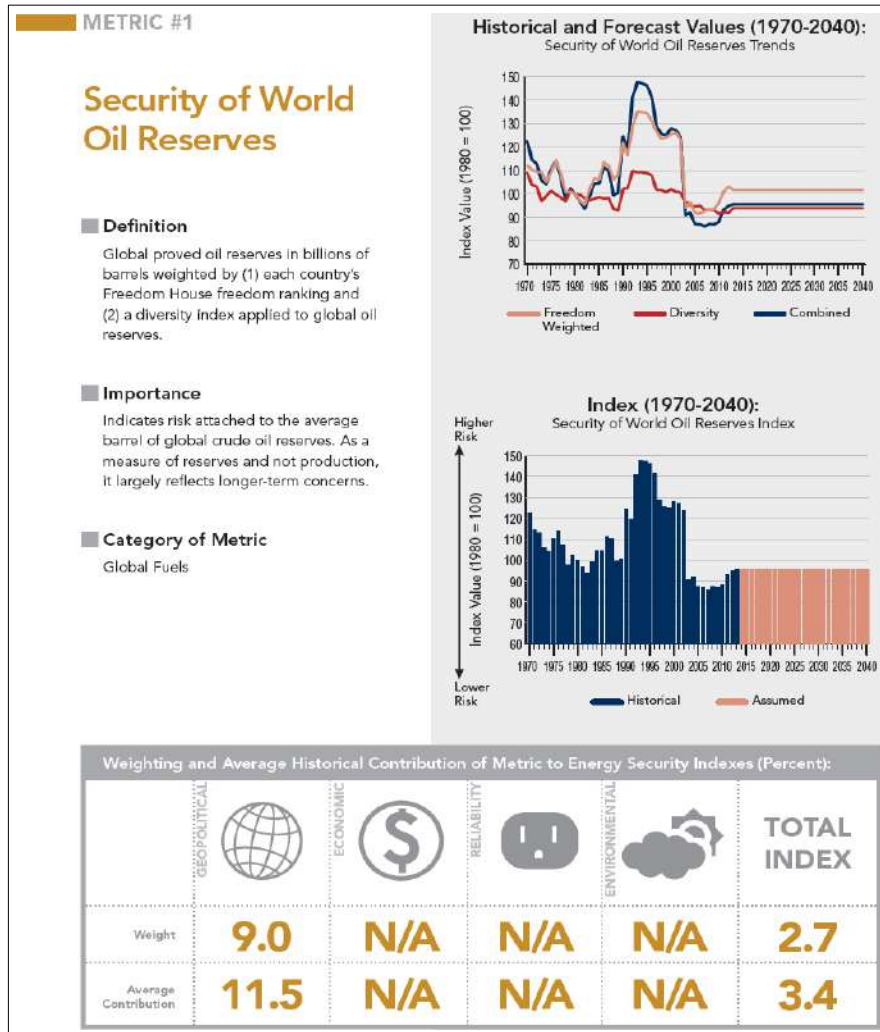
- 또한 각 37개의 항목들은 다양한 단위로 측정되기 때문에 다음 <표 4-2>와 같은 9개의 범주로 재분류, 통합하기 위해서는 비교 가능한 단위로 통일을 시키는 과정이 필요함

■ 표 4-2 ■ 에너지안보 지표 관련 카테고리

Category	Description
Global Fuels	국제 석유, 천연가스, 석탄의 매장량에 대한 신뢰도와 다양성을 측정. 신뢰도와 다양성이 높을 수록 에너지 안보 위험이 낮음.
Fuel Imports	U.S. 경제의 불확실성과 석유 및 천연가스의 공급 집중도, 수입 비용을 측정함. 높은 신뢰도, 다양성과 낮은 비용은 에너지 안보 위험을 낮춤.
Energy Expenditures	U.S. 경제의 에너지 비용 크기와 소비자들의 가격 충격에 대한 노출도를 측정. 낮은 비용과 노출도는 에너지 안보 위험을 낮춤.
Price&Market Volatility	U.S. 경제와 소비자들의 커다란 가격 변화에 대한 민감도를 측정함. 낮은 변동성은 낮은 위험도를 의미
Energy Use Intensity	경제적 산출에 대한 에너지 소비 및 효율을 측정함. 생산, 서비스, 상업, 민간 부문의 낮은 에너지 소비는 위험도를 낮춤

Category	Description
Electric Power Sector	전력 생산에 대한 신뢰도 및 다양성을 측정함. 높은 다양성과 신뢰도는 에너지 안보 위험도를 낮춤.
Transportation Sector	수송 차량의 효율 및 연료의 다양성을 측정함. 높은 효율과 다양성은 낮은 위험도를 의미
Environmental	U.S. 경제의 국내, 국외의 온실가스 방출 감축 권한에 대한 노출도를 측정함. 낮은 이산화탄소 배출은 낮은 위험도를 의미
Research & Development	차세대 에너지 기술과 지적자본의 전망을 측정함. 높은 R&D 투자 및 많은 공대 졸업생은 에너지 안보 위험도를 낮춤.

- 단위의 조정을 위하여 1980년의 값을 100이라 설정하고 이에 따라 산정 값 들을 표준화 해주게 됨
 - 위의 범주들의 크기는 낮을 수록 낮은 위험도를 의미
 - 4가지 보조 지표들 또한 1980년의 값이 100이 되게끔 통합되어야 함
- 이들을 통합하여 지정학적, 경제적, 신뢰도, 환경적 보조 지표들을 작성하고 최종적으로 하나의 종합 지표로 통합이 가능함
- 각 보조 지표들은 통합 지표를 구성하기 위한 개별 요인으로써 30%, 30%, 20%, 20% 등의 기여도를 적용하게 됨
 - 즉, 37개의 개별 항목들이 네 가지의 보조 지표 및 통합 지표로 구성되기 위한 weighting과 average historical contribution이 존재하며, Weight는 각 개별 항목들이 4개의 보조 지표를 구성하는데 어느 정도의 가중치를 갖는지, 통합 지표를 구성하는데 어느 정도의 가중치를 갖는지를 나타내게 됨
 - Average historical contribution는 과거부터 보조 지표와 통합지표의 구성에 어느 정도 기여를 해왔는지 평균치를 보여주는데, 이는 Average historical contribution은 데이터의 구간에 따라 변화할 수 있음을 의미함
- (그림 4-2)는 37개의 항목 중 1가지의 예시로서, 개별 항목에 대한 정의, 중요도 및 9개의 범주 중 해당 범주가 표시되며, 표준화된 시계열 데이터 및 가중치와 평균 기여도를 나타내 줌



▮ 그림 4-2 ▮ 에너지안보 지표 관련 자료 사례 (세계 석유매장량 안보) 자료) U.S. Chamber of Commerce(2014), p. 30

(2) 미국 정부의 에너지안보 지표의 활용

- 미국의 경우 백안관, 혹은 에너지성(DOE) 등에서 국가 에너지전략을 수립하고, 공표하고 있음
- 본 연구에서는 대표적인 미국의 국가 에너지전략 보고서라 할 수 있는 <National Energy Policy> 와 <Energy Strategic Plan(2014-2018)> 을 기초로 국가 목표로서의 에너지안보지표의 활용 여부를 검토해 보고자 함
 - <National Energy Policy>는 공화당 정부인 부시정부의 종합적인 국가에너지 전략보고서로 체

- 니 부통령이 정책수립Group을 총괄하여 2001년 종합보고서를 발간
- 〈Energy Strategic Plan〉은 민주당 오바마정부의 에너지국가전략보고서로서 미국 에너지 전담 부처인 DOE가 주관하여 2014년 5월 보고서를 발간
- 상기 보고서를 선택한 이유는 보수와 진보로 대표되는 공화당과 민주당의 에너지 관련 접근 자세를 볼 수 있다는 점, 그리고 과거 전통석유시기의 에너지 패러다임과 셰일혁명 이후의 에너지패러다임 하에서의 에너지 안보에 대한 미국의 접근 자세를 비교해 볼 수 있다는 점에서 선택
- 〈National Energy Policy〉에서는 에너지안보와 관련된 지표들을 활용하여 에너지 안보의 중요성을 제시하고 있지만, 수치화된 에너지 안보 지표를 국가 목표로 제시하고 있지 않으며, 단지 에너지 안보 수준을 평가하는 참고자료로만 활용하고 있음
- 즉, 에너지수입의존도(dependency ratio on foreign source energy)나 석유수입의존도, 지역별 수입의존도등의 지표를 제시하며, 에너지안보가 위협받고 있음을 계량적으로 표현하며, 에너지 안보 우선의 무역 및 대외정책(Energy Security must be priority of U.S. Trade & foreign policy), 해외에너지사업투자 촉진(accelerate cross-border energy investment) 정책 추진을 제안하고 있음
 - 에너지안보 관련 계량지표를 에너지안보에 대한 분석지표로는 활용하고 있지만, 달성해야할 목표 목표로 지표를 활용하고 있지는 않았음
- 〈Energy Strategic Plan(2014-2018)〉의 경우는 셰일혁명으로 미국의 에너지 안보여건이 크게 개선된 이후에 작성된 국가 에너지 전략 보고서로서 과거와 비교하여 에너지 안보에 대한 중요성에 대한 관심이 크게 낮아진 것을 확인할 수 있었음
- 〈Energy Strategic Plan(2014-2018)〉에 따르면 국가 에너지 전략목표를 ①Science & Energy, ②Nuclear Security, ③Management & Performance로 설정하고 있으며, 에너지 안보 문제는 세부추진목표로 설정되어 전략적 중요성이 하락
 - 정책의 중심이 생산 및 이용 효율을 높이는 기술개발에 집중
 - 미국의 석유공급 장애 시 대안으로 Strategic Petroleum Reserve의 효과적 관리만을 제시하고 있음. 즉 IEA의 비축권고안인 공공비축 90일분을 확보하고, 공급 인프라의 효과적 관리를 통해 공급장애 위협에 대한 대비만을 정책 대안으로 제시
- 즉, 미국의 경우 과거 에너지안보 관련 지표를 국가 에너지 안보 수준에 대한 모니터링 수준으로 활용하였으나, 최근 국제 에너지시장, 특히 석유시장이 안정되며 에너지안보의 이슈는 전략적 중심에서 멀어진 것으로 판단되며, 에너지 안보 지표의 활용 수준도 과거에 비해 크게 낮아진 상태임

2. 일본의 에너지 및 자원 안보 관련 목표지표

(1) 일본에너지경제연구소(日本エネルギー経済研究所)의 에너지안보 지표 연구

- 일본 에너지경제연구소는 2011년 "各国のエネルギー安全保障政策と実体の調査分析"이라는 연구 수행을 통해 자국의 에너지안보를 정량적으로 분석하기 위하여 다음과 같은 <표 4-3> 항목들을 설정
 - <표 4-3>의 항목들을 개별로 측정하였으며, 하나의 통합된 안보지표를 제시하지는 않았음
- 해외자원의 확보를 측정하기 위해서 제시한 기축지표는 에너지수입국의 분산도 HI와 에너지원 분산도 HI로 구성
 - HI는 Herfindahl-Hirschman Index를 의미하며, 과점도지표로도 통칭
 - HI는 그 산업에 포함된 모든 산업의 시장점유율의 제곱승으로 도출
 - HI는 독점일 때에 1이 되며, 경쟁이 촉진될수록 0에 가까워짐

표 4-3 | 일본 에너지경제연구소의 에너지안보 평가 항목

대항목	기축지표
국산·순국산에너지 자원의 개발 및 이용	1. 1차 에너지 자급률(원자력 포함)
해외자원 확보	2. 에너지수입국의 분산도 HI
	3. 에너지원 분산도 HI
	4. 원유수송 요충지(choke point) 의존도
국내 위험 관리	5. 전력공급신뢰도(전력공급예비율)
수요 억제	6. 에너지소비의 GDP원단위
공급 중단에 대한 대응	7. 육상석유비축일수

자료) 日本エネルギー経済研究所(2011)

(2) 일본 에너지기본계획에서 에너지안보 지표

- 2010년 일본 경제 산업성이 2030년까지의 에너지 정책의 방향성을 나타내는 「에너지 기본계획」을 발표.
- 일본은 국가가 에너지 정책을 추진하는데 있어 「안정공급의 확보」, 「환경에의 적합 및 이것들을 충분히 고려한 다음의 「시장원리의 활용」을 기본방침으로 하는 것 등을 내용으로 하는 「에너지 정책 기본

법(이하 「기본법」)을 2002년 6월에 제정. 기본법에 근거해 에너지의 수급에 관한 시책의 장기적, 종합적인 동시에 계획적인 추진을 도모하기 위해 에너지 기본계획(이하 「기본계획」)을 2003년 10월에 책정하였으며 기본계획은 적어도 3년마다 검토하는 기본으로 하여 2007년 3월에는 제 1차 개정을 실시

○ 2010년 개정 에너지 기본계획 기본방향

- 에너지 정책의 기본 : 3E (에너지 안정공급의 확보(energy security), 환경에의 적합(environment), 경제 효율성(economic efficiency))의 실현 도모 및 에너지를 기축으로 한 경제성장의 실현과 에너지 산업구조의 개혁

○ 에너지안보 관련 중장기(2030) 정량 목표 설정

- <에너지자급률>, 화석연료의 해외자원확보와 관련된 <자주개발율>, <자주 에너지 비율> 등 3가지를 정량목표로 제시

* 화석에너지는 에너지공급의 자립성을 종합적으로 향상시키기 위해 자급률 및 자주개발률 모두에 대해서 목표를 수립함

* 세계 각국에 비해 크게 밀도는 자급률에 대해서는 명확한 목표 아래 중장기적으로 견고한 추진 전략을 진행시키는 것이 필요함

* 자국 내 자원부존이 부족해 대부분을 해외에 의존하는 화석연료에 대해서는 자주개발의 비율을 중장기적으로 높이는 것이 중요함

○ <에너지자급률> 정의와 개념

- 에너지 자급률은 국내에너지총소비량 중 국내총생산량이 차지하는 비율을 나타낸 것으로 에너지 안보를 평가하는 지표로 가장 많이 활용.

- 산정식 : 1차에너지소비량 대비 국내생산 에너지량

* 에너지 자급률 = 국내에너지총생산량 / 1차에너지소비량

* 1차에너지소비량 : 국내생산 + 수입 - 수출 + 재고

* 국내생산에너지량 : 원자력 및 신재생에너지 포함

- 활용 국가 및 국제기구: OECD, IEA, 유럽, 미국 등

- 프랑스, 일본과 같이 자급률이 낮은 국가들은 원자력개발에 통해 자급률 향상에 노력

- 일본은 에너지 기본계획(2010년)에서 원자력생산을 포함한 에너지자급률을 2030년까지 50% 달성을 중장기목표로 하고 있음

○ <자주개발율> 산정 방법의 변경

- 자주개발물의 베이스물량(분모)을 수입량에서 수요량으로 변경함
- 자주개발물의 베이스물량을 기존 수입량에서 수요량으로 변경한 이유는 분모가 동일해야 상위 개념인 자주에너지비율과 궤가 같아지기 때문임
- * 즉, 1차에너지 공급량 = 국내 생산량 + 수입량 = 수요량
 자주에너지 비율 = (국내생산량/1차에너지공급량) + (자주개발량/1차에너지공급량)
 = 자급률 + 자주개발률
- * 활용분야: 광물자원 및 화석에너지의 자주개발물을 실적 관리용에서 정책적인 국가 수치목표로 활용하고 있음
- 자주개발비율에 대한 목표 : 2030년까지 거래량 베이스로 40%정도로 상향설정

○ <자주에너지비율> 개념 신규도입

- <에너지자급률>에 국내생산량으로 분류되는 원자력을 포함시키더라도 OECD 평균과의 차이를 피할 수 없기 때문에 새로운 개념의 지표로 사용하기 위해 도입
- 일본에 공급되는 화석연료(수입량 및 국내생산량은 일차에너지 국내공급 약 80%차지) 가운데 일본기업이 참가하는 국내외권익(자주개발권이익)으로부터의 인수량이 차지하는 비율
- 에너지자급률과 분모는 동일하지만 분자에 자주 개발권익으로부터의 화석연료의 인수량을 가산한 것. 일차에너지 국내공급에의 화석연료 비율은 축소될 전망이라 자주에너지비율의 증분은 2배에 이르지 않음

자주 에너지 비율
 = (국내 생산량 + 자주개발량)/1차에너지공급량 * 100

* 자급률은 1차 에너지 공급량에서의 국내 생산량 점유비율을 의미

○ 광물자원

- 2010년 기본계획에서는 광물자원의 자주개발물 대신 광물자원의 자급률에 대한 목표수립을 하고 있음
- 대상 광종 : 베이스메탈 및 희유금속(아연, 동, 텅스텐, 희토류, 리튬)
- 산정기준 : 금속량
- 대상광종 변경 사유
- * Eco-Economy의 실현을 위한 3R정책 반영

* 국내 제련능력보다 해외 수입 금속류의 물량이 많아 재활용물량을 포함한 자체 공급능력을 기준으로 정책방향을 설정

(3) 일본 <에너지백서>에서의 에너지안전보장 평가 지표

- 일본 경제산업성은 매년 '에너지백서'에서 에너지안전보장 평가지표를 산정하여 비교 평가하고 있음
 - 국가 전체 개념에서의 에너지 안전보장을 평가하기 위한 지표로 국제적인 위상을 점검하고 위협 요인 경감을 위한 정책개발 목적으로 활용하고 있음

가. 평가 지표 개요

- 에너지의 서플라이 체인(supply-chain) : 「자원 조달」, 「국내 공급」, 「국내소비」의 3단계로 구성됨.
 - 「자원 조달」단계의 범위: 국내외에서 자원을 발견·확보해 소비지까지 수송하는 과정.
안전보장 점검 요소 : 「국산·준국산」 에너지 자원 개발 이용, 「해외 에너지 자원 확보」, 「자원의 수송 리스크 관리」
 - 「국내 공급」의 경우 안정적인 공급을 지속하여 에너지 안전 보장을 확보하기 위해서는 「국내 리스크 관리」가 필요.
 - 「국내소비」단계에서의 에너지 안전 보장 강화 유효 수단은 「수요 억제」임. 그리고 서플라이 체인 (supply-chain) 전체를 지지하는 것으로서 「공급 두절에의 대책」을 갖추고 있는지가 에너지 안전 보장의 중요한 요소임.
- 일본은 주요 국가를 대상으로 이러한 관점에서 '에너지안전보장'을 정량적으로 평가하고 있음. (경제산업성 에너지 백서)
- 세부 평가항목은 국산·준국산 에너지 자원 개발이용, 에너지수입원 다양화, 에너지공급원 구조 다양화, 자원 수송리스크 관리, 국내 리스크 관리, 수요억제, 공급두절시 대응 등 7개로 구성
 - 평가지표 : 일차에너지자급률 (원자력 포함), 자원 수입국 과점도, 일차에너지 공급원 분산도, 발전 전력량 구성 분산도, 초크포인트 리스크 의존도, 전력공급신뢰도(정전시간), 에너지 소비의 GDP 원단위, 석유 비축 일수
 - 보조지표 : 연료별 전원설비 이용률, 평가대상국의 자원국 직접투자액, 정부의 에너지 관련 연구개발 예산액, 부문별 에너지 소비의 GDP 원단위, 국산 자원 이용 가능 연수

1) 원자력 발전량도 자급률 확보에는 유효한 수단으로 간주해 준국산에너지로 명명하고 국내 생산의 범주에 포함시킴

나. 평가구조

- 평가의 점수화 : 조사 대상국별 평가치는 경제협력개발기구 OECD 평균의 평가치를 기준으로 계산함.
- 즉, OECD 평균을 100으로 한 조사대상국의 비율로 계산함. 항목별 평가치는 최대 10 점으로 점수화하고 가장 평가 수치가 높은 나라를 10포인트로 하고, 그 외의 나라는 가장 높은 평가 수치와 해당국의 평가 수치의 비율에 따라 점수화시킴.
- 평가는 1970년대, 1980년대, 1990년대, 2000년대로 나누어 실시.
- 평가대상국 : 일본, 한국, 미국, 중국, 독일, 영국, 프랑스 등 7개국

(4) 일본 에너지안보 관련 지표 운영과 시사점

○ 일본의 국가 에너지기본계획과 에너지백서 등에 나와있는 에너지 안보 관련 지표를 정리하면 다음 <표 4-4>와 같이 요약할 수 있음

표 4-4 일본의 자원안보 관리지표

구분	분모	분자	
	베이스물량	자주개발 및 자급량	시스템경계
자주에너지비율	수요량	국내생산+ 자주개발량	국내 + 해외
화석연료 자주개발률	수요량	자주개발량	해외
에너지자급률	수요량	국내생산량	국내
광물자원자급률	수요량	국내생산(광석생산+ 리사이클링) + 해외제련소	국내 + 해외

자료) 일본 에너지기본계획(일본경제산업성, 2010), 일본에너지백서

- 일본의 정책지표는 총량 지표와 개별 지표로 구성
 - 총량지표와 개별지표로 구분함으로써 에너지원별로는 개별지표인 자주개발률을 기준으로 평가
 - 국가 전체 에너지공급능력을 종합적으로 나타낼 경우에는 자주에너지 비율이란 지표를 사용
 - 일본은 자주에너지비율, 자주개발률, 자급률 모두 수요량을 근거로 산정하여 국내와 해외로 시스템 경계를 확대하였음. 이는 일본이 재활용물량 재자원화 및 국내 자원생산 등 국내 자원을 관리

할 수 있는 물량이 어느 정도 확보된 상태이기 때문

- 하지만 우리나라의 경우, 자급율이 석유 및 천연가스와 전략광물자원 모두 매우 미미한 상태이며, 금속자원 재활용 물량 역시 고철을 제외하고 공식적 통계가 부재하며, 재활용으로 인한 재자원화가 활성화되어 있지 않은 상황임
- 자주개발률 베이스물량은 수입량과 수요량 둘 다 유효성을 갖고 있음
 - 수입량의 경우에는 지표의 연속성의 개념에서 중요하며, 수요량일 경우에는 자주개발률과 자급률을 합이 자주공급률이라는 통합지표로 산정 가능한 구조로 전체적 이해가 가능한 구조를 가짐
 - 우리나라의 경우 지표의 연속성 측면에서 현재와 같이 수입량을 베이스물량으로 하는 것이 좀 더 유용한 것으로 판단됨

V. 국내 에너지 안보 및 자원확보 목표 지표와 비교 분석 및 시사점

1. 우리나라의 에너지 및 자원안보 목표 지표

(1) 국가 에너지기본계획에서의 에너지 안보지표

- 우리나라의 경우도 에너지 안보지표를 2008년 수립되었던 국가에너지기본계획에서부터 활용
- 제1차 에너지기본계획에서는 에너지 안보, 경제성장, 환경을 동시에 고려하는 지속가능발전을 중장기 에너지 정책의 최대목표로 설정
 - * 에너지정책의 3E: Energy Security(안보), Efficiency(효율), Environment(환경)
- 에너지 자립사회의 구현은 1차 기본계획에서 5대 비전의 하나로 설정
 - 에너지 안보를 확립하는 목표 지표 중 해외자원 <자주개발율>이 대표적인 자원안보 및 확보 목표 지표로 설정

표 5-1 | 1차 에너지 기본계획에 나타난 에너지안보 관련 비전

비전	지표	2007	2030
에너지 자립사회 구현	자주개발율	3.2%	40%
	신재생에너지 보급율	2.2%	11%
	원전설비비중	27%	41%

- <에너지 지급율>, <에너지 수입의존도> 등이 목표 지표로는 설정되어 있지는 않지만, 국가 에너지안보의 수준을 평가하는 지표로는 활용
- <2차 에너지기본계획(2014)>에서는 <자주개발율> 등 에너지 안보와 관련된 목표지표를 설정하는 않은 것이 특이한 점이라 할 수 있음
 - 해외자원의 <자주개발율> 과 관련하여서는 수치화된 목표지표를 설정하지 않은 채, <자원개발율> 로 명칭을 개편한 내용만이 명시

자원개발 지표의 활용과 명칭 개선

- ‘自主’라는 명칭 때문에 국내 도입되는 자원량으로 오해하는 경우가 많은 ‘자주개발률’ 명칭을 ‘자원개발률’로 개선
 - 자원개발률 산정방식도 실조업일수 기준(1일 자원개발물량/1일 수입량)에서 연간 기준(연간 생산량/연간수입량)으로 개선
- 단기 성과지표로 경직적으로 활용되어 투자효율성을 저해한 자원개발률 지표를 장기 정책지표로 활용
 - 에너지 공기업을 탐사 중심으로 성장할 수 있도록 글로벌 E&P기업의 경영효율성 지표(매장량 신규확보 등)를 공기업 성과지표로 사용

- <에너지 지급율>, <에너지 수입의존도> 등은 <2차 에너지기본계획>에서도 목표 지표로는 설정되어 있지는 않지만, 국가 에너지안보의 수준을 평가하는 지표로는 여전히 사용되고 있음
- 제5차 해외자원개발기본계획에서는 자주개발율(자원개발율²⁾을 해외자원개발 목표 지표로 사용하고 있어, 국가계획에서의 자원안보 관련 중심이 되는 지표라 할 수 있음

2) 제5차 해외자원개발기본계획에서 용어를 “자원개발율”로 바꾸었으나, 용어의 인지도를 고려하여 본 보고서에서는 “자주개발율”이라는 용어로 사용하고자 함

○ 따라서 <자주개발율>의 정의, 산정방법 등에 대해 구체적으로 살펴보면 다음과 같음

(2) 자주개발율의 개념 및 정의와 문제점

가. 자주개발 개념 및 정의

- 우리나라에서 자주개발율은 1979년 동력자원부에서 수행한 <자원수급대책연구>에서 새로이 정의한 ‘개발수입률’이라는 개념에서부터 출발
 - ‘개발수입률’은 총수요대비 해외에서 확보된 자주개발량을 나타내는 지표로 현재 사용되는 ‘자주개발률’과 유사
- 개발수입률 외에도 국내공급을 참작하기 위해 ‘자급률’, ‘자주공급률’등을 지표 등도 활용되기도 하였음
 - ‘자주공급률’은 일본에서 수립된 에너지기본계획(경제산업성, 2010)에서 제시된 신규 지표인 ‘자주에너지비율’과 동일 개념
 - 국내총수요 대비 해외 및 국내에서 자주적으로 확보한 물량으로 산정
 - ‘자급률’은 세계에서 이미 많이 활용되는 지표로 국내수요량 대비 자국 내에서 확보한 물량의 비율

Ⅱ 표 5-2 Ⅱ 자주개발 관련 지표의 종류와 개념

구분	개념 및 활용	분자	분모
자급률 (A)	국내총수요대비 국내에서 확보한물량 정도	총국내 수요량	국내생산량
개발수입률 (B)	총국내수요대비 해외에서 확보한 자주물량 정도	총국내 수요량	자주개발량(합작개발포함) + 용자매광도입량
자주공급률 (A)+(B)	총국내수요대비 해외 및 국내에서 자주적으로 확보 정도	총국내 수요량	자주공급량 : 자원확보에 자국영향력이 미치는 물량 개발수입량 + 국내생산량

* 국내 수요량 = 국내생산 + 수입 - 수출- 생산자재고증가

- 우리나라에서 국가 자원안보지표로 본격적으로 <자주개발률>이 활용된 것은 2001년 수립된 ‘제1차 해외자원개발기본계획’에서 석유, 가스 등 8대 전략광종의 ‘자주개발률 목표’를 설정하면서 부터임
- 해외자원개발 기본계획에서 제시하고 있는 자주개발에 대한 개념은 광의적으로는 경제적 측면에서의 확보가능성을 기준으로 하고, 협의적 개념으로는 직접 개발, 생산하여 도입하는 물량을 기준으로 구분

- 자주개발은 광의적으로는 우리기업이 해외자원개발 활동으로 '국내외에서 자국기업이 통제권을 가지고 있는 지분생산량을 의미하고, 협의적으로는 '국내도입량이 점유하는 비중'을 의미

표 5-3 | 자주개발물의 정의와 개념

	광의적 개념	협의적 개념
자주개발 자원	○ 우리 기업이 해외에서 확보하는 자원	○ 우리 기업이 해외에서 확보하여 국내에 도입하는 자원
자주개발량 산정방식	○ 우리 기업이 참여한 자원개발 프로젝트의 생산량 x 우리기업 지분율 ○ 기타 방법으로 진출 기업이 해외에서 확보한 물량	○ 광의적 개념으로 산정된 물량 중에서 국내에 도입된 물량
장점	○ 자원확보의 안정성에 대한 포괄적 지표 ○ 높은 자원가격에 대한 국내경제의 안정성 지표	○ 해외개발 물량 중 실제 수입량을 나타내는 지표
단점	○ 자원으로 도입 안정성의 직접적인 지표로는 사용되기 어려움	○ 자원확보의 장기적 안정성이 과소평가되기 쉬움

자료) 해외자원개발 제3차 기본계획(2007)

- 해외자원개발 기본계획에서는 광의적 개념으로 접근 사용
 - 해외자원개발은 자원확보의 장기적 안정성 제고를 통하여 국민경제의 발전과 대외 경제협력의 증진에 기여하는 것이 목적으로 하고 있음(해외자원개발사업법, 제2장 1조).
 - 생산된 자원을 국내 도입하지 않아도 우리 기업의 해외자원개발 활동은 자원확보에 대한 역량을 높여 자원으로 도입의 포괄적 안정을 높이고, 위기 시 경제적 헤징기능이 가능하는 관점에서 광의적 개념 적용 가능
- 자원개발 사업계약 유형이 다양화되면서, 자주개발물 산정방식도 변화
 - 1차 및 2차 기본계획에서는 경제적 헤징을 하는 물량을 기준으로 자주개발물을 산정
 - 3차 기본계획에서부터는 물량확보 또는 경제적 헤징을 할 수 있는 물량으로 범위를 확대

표 5-4 | 자주개발물 산정방식 변화

해외자원개발기본계획	산정식	기능
1차	$\frac{\text{개발수입량(소유광구의 생산지분)}}{\text{총수입량}} \times 100$	경제적 헤징
2차	$\frac{\text{프로젝트 생산량} \times \text{우리기업의 지분율(\%)}}{\text{총수입량}} \times 100$	경제적 헤징
3차,4차	$\frac{\text{투자광산생산량} \times (\text{지분율} + \text{지분율 이상의 판매지분율})}{\text{총수입량}} \times 100$	경제적 헤징 또는 물량 확보

나. 자주개발률 산정의 문제점

- 자주개발률 산정방식은 “자주개발량 범주의 혼재성”과 “베이스물량과 자주개발량 간의 시스템 경계 불일치”라는 두 가지 문제점이 존재
- 첫째, 지분량 이상의 off-take 물량 및 국내생산량을 자주개발량에 포함시키는 여부를 광물자원과 석유/가스 부문이 서로 상이하게 적용
 - 광물자원부문에서는 지분율 이상의 off-take 물량을 자주개발량에 포함시키고 있음
 - 석유부문에서는 off-take 물량을 포함하지 않고 있음
- 석유부문에서는 국내생산을 자주개발량에 포함하고 있는 반면, 광물자원에서는 국내생산분은 제외
 - 2002년 동해가스전에서 석유와 천연가스가 생산이 시작된 후 국내 생산 자원을 자주개발량에 포함시키고 있음
 - 국가 자주개발률에서 석유·가스 국내생산량의 기여율은 5.9%, 석유공사의 자주개발기여도에서 기여율은 7.9% 수준이며, 자주개발량(국내생산포함)중 국내생산이 차지하는 비중은 국가수준에서는 4.5%, 석유공사는 13.8%로 일정 부분을 담당
- 광물자원부문에서는 국내생산량을 자주개발량에서 제외하고 있는데, 전략광종 중 철광석만 국내생산이 있으며 그 수준 역시 미미하여 자주개발률 변화에 큰 영향을 미치지 못하는 것임
 - 그러나 자주개발량에 미치는 영향의 정도를 떠나 두 부문의 적용 범주는 일치되어야 할 필요가 있음
- 둘째, 자주개발량은 지역적 경계를 해외로 한정하는데 비해, 베이스물량은 국내 및 해외로 하여 자주개발률의 분자와 분모의 시스템 경계 불일치
 - 이 역시 석유부문에서 국내생산을 자주개발량에 포함하면서 생긴 문제임

다. 자주개발량 개념 정립 필요

- 자주개발률 산정에 대한 명확한 기준이 정립되어 있지 않아, 다양한 자원개발 계약방식이 성사될 때마다 자주개발률 산정에 혼선이 발생하기도 함
- 본 연구에서는 자주개발량 범주 기준을 해외자원개발사업법(시행령 및 시행규칙 등)에서 제시하고 있는 해외자원개발 목적, 해외자원개발 사업유형, 개발자원 반입, 개발자원 수입형태 등을 고려하고 자주개발률의 용도를 참조하여 재 정립해보고자 함

표 5-5 해외자원개발사업에 대한 법적 규정

	관련법/규칙	내용
목적	해외자원개발 사업법 제2장 총칙 제1조	• 해외 자원의 개발을 추진하여 장기적이고 안정적으로 자원을 확보함으로써 국민경제의 발전과 대외경제협력의 증진에 이바지함
사업유형	해외자원개발 사업법 시행령 제1장 총칙 제3조 ①법	<ul style="list-style-type: none"> • 단독개발 • 합작개발 • 기술용역제공 • 개발자금융자
비상시 반입	해외자원개발 사업법 제 17조	• 비상시 자원수급의 안정을 도모하기 위하여 해외자원개발사업자에게 그가 개발한 해외자원의 전부 또는 일부를 국내에 반입할 것을 명할 수 있음
수입형태	해외자원개발 사업법 시행령 제1장 총칙 제3조 ②법	<ul style="list-style-type: none"> • 개발된 당해 자원을 그 개발된 지역에서 수입하는 방법 • 개발된 당해 자원을 그 개발된 지역이 아닌 지역에서 산출된 동종의 자원과 교환형식으로 수입하는 방법

- 먼저, 해외자원개발 시행령에 규정된 해외자원개발의 정의는 우리기업의 해외자원개발 활동(해외자원개발사업법 시행령 제 1장 3조, 해외자원개발의 방법)을 통해 직접적으로 배타적권익생산량³⁾을 확보하여 안정적 물량 확보에 기여하는 것으로 되어있음
- 또한 해외자원개발사업법에서는 개발자원의 수입형태를 개발된 당해 자원뿐만 아니라 개발된 지역이 아닌 지역에서 산출된 동종의 자원과 교환형식으로 수입하는 방법도 인정하고 있음
- 따라서 해외자원개발 활동으로 경제적 해징이 가능한 권한을 획득하여, 해외자원개발활동으로 수익을 창출하여 타지역에서 동종의 자원의 교환형식으로 자원을 확보하는 것 역시 해외자원의 안정적 물량 확보에 기여할 수 있음
- 그리고 자원에 대한 수입의존도가 높은 우리나라의 경우, 자원가격의 급등으로 인한 경제적 손실을 완화하기 위한 장치가 필요한데, 해외자원개발은 장기적으로 안정적인 자원확보(해외자원개발사업법 목적)의 역할을 담당과 함께, 거시적 관점에서 보면 자원가격 상승과 하락에 따라 국민경제적 변동성이 크게 낮아지는 효과 기대 가능
- 따라서 자주개발량의 범주는 자주개발물의 활용성 및 해외자원개발사업의 목적에 적합한 다음과 같은 두 조건을 모두를 만족시킬 필요가 있음
 - ① 첫 번째 조건은 해외자원개발의 주체와 지역에 해당하는 것으로 우리기업의 해외자원개발 방법으로 이루어진 성과물이어야 함
 - ② 두 번째 조건은 기능적 요소로 우리기업이 확보한 배타적인 권익생산량으로 물량확보의 효과가

3) 배타적 권의 생산량은 우리 측이 배타적 경제적 권리를 보유한 물량으로 처분, 도입, 현금화 등 우리 측의 경제적 권리 행사가 가능한 물량으로 정의할 수 있다.

있거나 자원가격 급등에 따른 헤징 기능을 할 수 있어야 함

라. 자주개발량 범주 검토

- 자원개발은 광권(Concession)계약, 생산분배계약(Production Sharing Contract), 용자매광계약 및 서비스계약(Service Contract) 등 다양한 계약 형태를 통해 시행되며, 개발자원의 판매권과 관련하여 off-take계약과 장기공급계약(Long term Supply Contract) 등이 있음
- 이러한 다양한 계약방식을 앞 장에서 제시한 자주개발량 범주 조건을 만족하는지를 검토하여 자주개발량의 범주를 정리하고자 함
- 국내 기업과 다수의 외국기업이 컨소시엄으로 참여한 자원개발사업에서, 국내 기업은 Off-take계약을 통해 광구에서 생산된 자원 중 지분율 이상의 물량에 대한 판매권을 확보할 수 있음
 - 특히 off-take 계약은 광물자원의 해외자원개발사업에서 종종 이루어지고 있으며 판매지분이 물량확보적 차원에서 공급에 더욱 영향력이 크다할 수 있음
 - 그리고 판매권으로 얻은 판매 수익을 모두 우리기업이 가지는 것이 아니라 지분률로 배분하는 구조이지만 가격 상승 및 가격 하락에 대해 부분적으로 변동성에 대한 헤징이도 가능
 - 이러한 off-take 계약 물량은 개발자원의 지역성과 주체성 그리고 물량확보성 및 일부 경제적 헤징성으로 자주개발량 범주에 속한다 할 수 있음
 - 이에 따라 3차 해외자원개발 기본계획부터는 자주개발량의 개념을 확대하여 광물자원부문에서는 지분률 이상의 판매지분률을 포함하여 산정하고 있음
- 한편, 최근에는 직접 자원개발사업투자 외에도 M&A를 통해 자원개발 역량을 제고하는 사례가 증가하고 있는데, 자회사 지분 확보량은 우리기업이 권한 행사를 할 수 있을 경우 지배권 확보만으로 지분 100% 확보와 동일한 자주개발량 향상효과를 가져오므로 한정된 재원을 다양한 우량기업에 투자, 안정적인 자원확보가 가능함
 - 그러나, 이러한 자회사 지분확보량 100%를 자주개발량으로 산정하기 위해서는 자회사 확보량이 실질적, 법적 권한을 우리기업이 가진 권익생산량(이하 '권익 자회사확보량으로 명명)이어야 함
 - 자회사 확보량을 지분률 이상의 판매권을 확보한 물량에 한하여 자주개발량으로 산정하는 이러한 개념에서 권익 자회사 확보량은 off-take 물량의 개념에서 접근하여 산정하는 것과 동일하다 할 수 있음
- 따라서 권익자회사확보량은 별도의 개념에서 접근하기보다는 off-take물량의 범주내에서 동일한 기

준으로 자주개발량을 산정하는 것이 개념의 명확성 및 명료성을 확보 할 수 있음

- 한편, 서비스계약을 통해 기술 등의 서비스를 제공하고 그에 대한 대가를 현금이 아닌 현물로 받는 경우, 생산물에 대한 권한이 인정되는 물량에 대해서는 지역성과 물량확보 조건을 만족하여 자주개발량 범주에 속한다 할 수 있음
 - 그러나 서비스계약시, 서비스 제공의 보상을 현물이 아닌 현금(fee)형태로 받는 경우에는 경제적 헤징 가능 및 물량확보가 모두 불가능하여, 자주개발량 범주에 포함시키지 않는 것이 타당함
- 해외자원개발사업 활동과 연동되어 성사된 장기공급계약의 경우, 그 과정 및 수익배분 구조가 off-take 계약과 동일하여 자주개발량의 조건인 지역성, 물량확보 효과를 만족하여 자주개발량 범주에 속한다 할 수도 있음
 - 그러나 해외개발 활동과 무관하게 이루어진 단순 무역 활동의 장기공급계약 경우에는 ‘우리기업의 해외자원개발 활동’의 결과물에 속하지 않아 자주개발량에 포함 시킬 수 없음
- 종합적으로 정리하면 자주개발량의 범주는 우리 기업이 해외에서 확보한 권익생산량이거나 경제적 헤징이 가능한 물량으로 책정하는 것이 자주개발물의 활용 목적에 적합한 것으로 생각됨
- 따라서, 국내 생산량포함하지 않고, 해외자원개발 활동으로 확보한 우리기업의 지분확보량, 지분량 이상의 Off-take 물량, 서비스계약으로 확보한 물량, 해외자원개발과 연동된 장기공급계약 물량 등을 자주개발량으로 범주를 한정하는 것이 필요

표 5-6 자주개발을 산정 시 적용 기준

조건 \ 물량 범주	국내 생산량	지분 확보량	지분량 이상의 off-take 물량 (자회사 권익확보량 포함)	서비스계약		장기도입계약	
				현물	Fee	해외자원개발 활동 연계	단순 물량 계약
개발지역(해외) 및 사업활동성*		●	●	●	●	●	
물량확보	●	△	●	●		●	●
경제적 헤징	●	●	△	●			

* 우리기업이 해외자원개발 활동으로 획득한 물량 또는 권한

* 자주개발량 범주에 해당하는 물량을 회색으로 표시

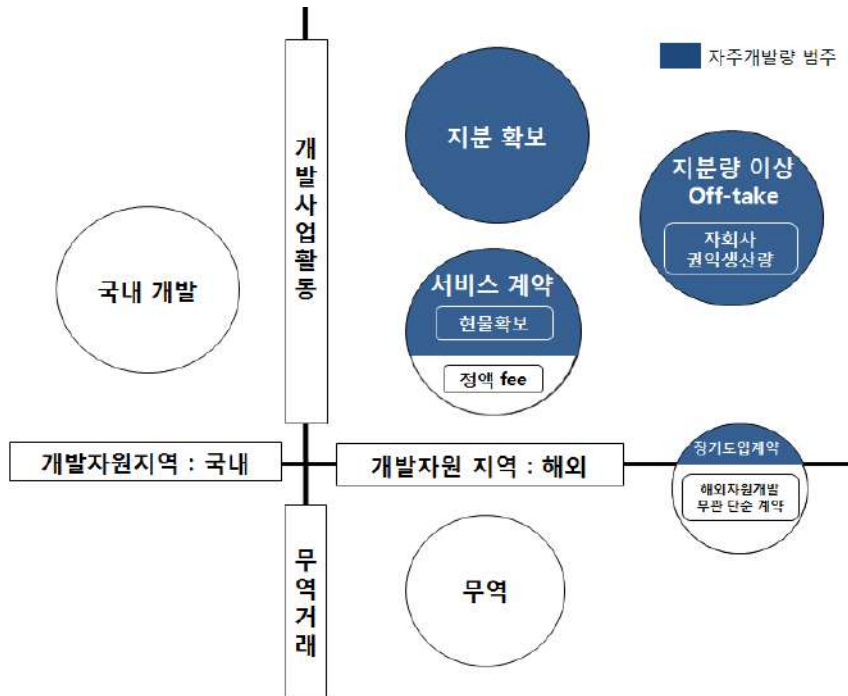


그림 5-1 | 자원개발 형태에 따른 자주개발량 산정의 범위

- 그리고 기존 해외자원개발 기본계획에서 석유·가스의 경우 국내생산량을 자주개발량에 포함시키는데, 국내생산을 자주개발량에 포함시키는 것은 해외자원개발의 목표관리라는 원래 목적 및 기본조건을 모두 혼동시키는 결과를 초래함
 - 따라서 국내생산량은 '자주공급률'이라는 보조지표의 활용을 통해 자원확보 지표로 활용 가능하며, 자주공급률은 자주개발량과 국내생산량을 자주공급량으로 하여 국가의 자원 공급 안정성을 평가할 수 있을 것임

표 5-7 | 자주공급율의 목적 및 산정기준

명칭	활용목적/용도	시스템 경계	분모	분자	산정기준
자주 공급률	- 국가목표지표	해외+국내	수요량	국내/해외 자주개발	1차에너지/광석(정광)

VI. 결론 및 요약

- 자원확보에 차질이 발생하면, 국민경제 활동은 물론 국가안보, 국민생활 등 총체적 국가 위협이 발생될 수 있음. 이러한 이유로 많은 나라들이 에너지 안보를 약화시키고 위협하는 대내대외적 요인들에 대비하여 에너지 및 자원의 자주공급과 에너지원의 다양화, 에너지수입의 지리적 다변화, 해외자원 개발 등을 추진하여 왔음
- 우리나라 정부는 에너지 및 자원 안보 및 확보와 관련하여 이를 계량적으로 표현할 수 있는 지표들을 개발하여 정책 목표나, 정책적 성과를 모니터링하고, 피드백하는 자료로 활용하여 왔음
- 이에 본 연구에서는 국제적인 에너지안보 지표 개발 동향과 적용사례 등을 조사 분석하여, 우리나라와의 공통점과 차이점을 살펴보고, 우리나라가 활용할 수 있는 시사점을 찾아보고자 하였는 바, 그 결과를 정리하면 다음과 같음

□ 에너지 안보 관련 다양한 학술적 연구사례를 분석

- B. Kruyt가 제시한 에너지 안보의 기준이 되는 스펙트럼과 제시한 에너지안보 지표가 에너지 안보 관련 지표의 개념을 정리하는 기본적 기준이 되었다 할 수 있음.
 - 에너지 안보의 기준이 되는 스펙트럼을 자원 공급잠재력과 생산요소인 Availability(유용성), 에너지의 접근 측면에 관한 요소인 Accessibility(접근성), 에너지 가격에 관한 요소인 Affordability(적절성), 환경에 관한 영향인 Acceptability(용인성)으로 구분
 - 측정 지표는 단순지표(Simple Indicators) 10개와, 단순지표를 적절히 결합하여 사용하는 복합지표(Aggregated Indicators) 5개를 제시
- 다음으로 에너지 관련 대표적 국제기구들의 에너지안보지표 연구결과들을 살펴보고 시사점을 도출
 - IEA는 2011년에 〈MOSES : The IEA Model of Short Term Energy Security〉라는 연구를 수행
 - * 주요 7개(원유, 천연가스, 석탄, 바이오&폐기물 에너지, 수력, 지열, 원자력) 에너지원의 공급 안보(Supply Security)를 분석할 수 있는 35개 항목의 지표를 제시
 - * 이들 지표는 단독적으로도 사용 가능하며, 지표의 부분적 통합을 통한 복합지표로도 활용 가능하도록 구조화 시켰음
 - 세계에너지위원회(WEC : World Energy Council)에서도 Trilemma Index라고 통칭되는 에너

지안보를 포함한 에너지관련 지수를 산정 공표

- * 지수는 매년 재 산정하여 공표하며, 2014년 기준으로 총 129개국을 대상으로 에너지 관련 지수를 산정하여 발표
- * Trilemma 지수는 각 국가별 에너지 시스템 공급 능력의 안전성을 평가하는 <에너지 안보(Energy security)>, 사회의 에너지 접근성(Accessibility)과 구매력(Affordability)의 평가하는 <에너지 경제성(Energy equity)>, 에너지의 사회적 용인성(Acceptability)와 친환경성을 평가하는 <환경적 지속성(Environmental sustainability)>등으로 분류

□ 선진국의 에너지 및 자원 안보 관련 목표지표를 분석

- 미국 상공회의소((US Chamber of Commerce)가 2014년 수행한 <Index of U.S., Energy Security Risk>를 분석
 - 에너지안보위험지표는 다양한 위험요소를 고려하기 위해 37개의 개별 항목들을 이용하여 구성
 - 개별 항목 37개는 9개의 커다란 유형으로 재분류되며 이는 또 보조 지표 4가지로 수렴되며 최종적으로 이 4개의 보조 지표를 이용하여 하나의 통합 지표를 도출
- 이러한 에너지안보 관련 지표를 미국 정부는 국가계획에 어떻게 활용하고 있는지를 다음과 같이 검토
 - ① 공화당인 부시정부의 종합적인 국가에너지 전략보고서인 <National Energy Policy(2001)>의 경우 에너지안보와 관련된 지표들을 활용하여 에너지 안보의 중요성을 제시하고 있지만, 수치화된 에너지 안보 지표를 국가 목표로 제시하고 있지 않음
 - 에너지수입의존도(dependency ratio on foreign source energy)나 석유수입의존도, 지역별 수입의존도등의 지표를 제시하며, 에너지안보가 위협받고 있음을 계량적으로 표현하며, 에너지 안보 우선의 무역 및 대외정책(Energy Security must be priority of U.S. Trade & foreign policy), 해외에너지사업투자 촉진(accelate cross-border energy investment) 정책 추진을 제안
 - ② 민주당 오바마정부의 에너지국가전략보고서인 <Energy Strategic Plan (2014-2018)>의 경우, 세일혁명으로 미국의 에너지 안보여건이 크게 개선된 이후에 작성된 국가 에너지 전략 보고서 과거와 비교하여 에너지 안보에 대한 중요성에 대한 관심이 크게 낮아진 것을 확인
 - 정책의 중심이 생산 및 이용 효율을 높이는 기술개발에 집중되어 있으며, 미국의 석유공급 장애 시 대안으로 Strategic Petroleum Reserve의 효과적 관리만을 제시

- 일본에너지경제연구소가 2011년 수행한 <각국의 에너지안전보장 정책과 실체에 대한 조사분석(各国のエネルギー安全保障政策と実体の調査分析)>을 검토 분석
 - 1차에너지 자급율, 에너지수입 분산도, 에너지원 분산도 등 7가지 지표를 통해 국가별 에너지 안보 수준을 평가
 - 하나의 통합된 에너지 안보지표를 제시하지는 않았음
- 또한 에너지안보 관련 지표를 일본 정부는 국가계획에 어떻게 활용하고 있는지를 <국가에너지 기본계획>과 <에너지백서>를 통해 검토
 - 2010년 보완 개정된 <국가에너지 기본계획>에 따르면, 2030년 까지 에너지안보 관련 다음과 같은 정량 목표를 설정
 - * <에너지자급률>, <자주개발율>, <자주 에너지 비율>
 - * 광물자원에 대해서는 <자주개발률> 대신 <광물자원의 자급률>로 목표수립
 - <에너지백서>에서의 에너지안전보장 평가지표를 에너지 안보 관련 정도를 평가
 - * <일차에너지자급률>, <자원 수입국 과점도>, <일차에너지 공급원 분산도> 등
 - * 평가지표를 산정하여 OECD 평균과 비교하여 에너지 안보 수준을 평가

□ 우리나라의 에너지 및 자원안보 목표 지표

- 우리나라의 경우도 에너지 안보지표를 2008년 수립되었던 <제1차 국가에너지기본계획>에서 활용
 - <자주개발율> <신재생에너지 보급률> <원전설비비중> 등에 대해 2030년 까지 목표지표를 설정
 - <에너지 자급율>, <에너지 수입의존도> 등이 목표 지표로는 설정되어 있지는 않지만, 국가 에너지 안보의 수준을 평가하는 지표로는 활용
 - 하지만 2014년 <제1차 국가에너지기본계획>에서는 <자주개발율> 등 에너지 안보와 관련된 목표지표를 설정하는 않고 있으며, <에너지 자급율>, <에너지 수입의존도> 등은 목표 지표로는 설정되어 있지는 않지만, 국가 에너지안보의 수준을 진단, 평가하는 지표로는 여전히 사용되고 있음
- 해외자원개발관련 목표지표로 사용되던 <자주개발율>은 개발수입율 등 유사한 개념으로 '79년부터 사용되어 왔으며, 공식적으로 국가 목표지표로 활용된 것은 2001년 <제1차 해외자원개발기본계획>부터였으며, 자원개발 사업계약 유형이 다양화되면서, 자주개발률 산정방식도 변화되어 왔으며, 다음과 같은 문제가 있어 보완 필요
 - 첫째, 지분량 이상의 off-take 물량 및 국내생산량을 자주개발률에 포함시키는 여부를 광물자원

- 과 석유/가스 부문이 서로 상이하게 적용하고 있어 이에 대한 보완 필요
- 둘째, 자주개발량은 지역적 경계를 해외로 한정하는데 비해, 베이스물량은 국내 및 해외로 하여 자주개발물의 분자와 분모의 시스템 경계 불일치로 이에 대한 보완도 필요

□ 시사점

- 에너지안보와 관련된 지표는 1, 2차 석유위기가 시작된 70년대 중반부터 활용되어오다 2009년 B. Kruyt의 연구를 통해 에너지안보 지표의 범주와 카테고리가 확대, 체계화 되며 이후 연구에 있어 기준으로 사용
- 에너지안보 지표의 경우 2000년대 미국, 일본, 한국 등 많은 국가 들이 에너지안보의 진단, 혹은 목표로 활용되었으나, 최근 셰일자원혁명 이후 세계 에너지 수급이 안정되며, 국가 에너지계획에서 목표 지표로는 활용되지 않고, 진단지표로 부분적으로 활용되고 있음
- 해외자원개발과 관련된 목표지표는 과거 한국과 일본에서 국가 중장기 목표로 활용되었으나, 일본의 경우 2014년 ‘에너지기본계획’에서 <자주개발율>을 목표에서 제외한 바있음
- 한국의 경우도 <제2차 국가에너지기본계획>에서 ‘자주개발율(자원개발율)’을 목표지표에서 제외하였으며, 제5차 기본계획에서는 장기목표로 제시하고 있음
- ‘자주개발율(자원개발율)’의 경우 다음과 같은 추가적 연구를 통해 지표의 보완 및 활용성 여부에 대한 검토 필요
 - 해외자원개발기본계획에서 해외자원개발 목표로 수치목표의 활용 필요성 여부
 - ‘자주개발율(자원개발율)’의 해외자원개발 투자성과의 반영 정도
 - ‘자원개발율’ 이라는 명칭 변경의 적정성
 - 지표 산정방법의 적정성, 즉 자주개발량 범주의 적절성과 베이스물량 산정시 지역 경계의 적정성 등

참고문헌

- 김윤경 외, 에너지안전보장의 재정립에 따른 에너지안보기여도지표 제안 및 전원별 기여도지표 비교분석연구, 교육과학기술부, 2011
- 조용현, 2008, 「에너지 취약성 지수 산출에 관한 연구 : 석유에너지를 중심으로」, 박사학위논문, 아주대학교 대학원, 수원.
- Benjamin K. Sovacool, Ishani Mukherjee, Ira Martina Drupady, Anthony L. D'Agostino, 2011, "Evaluating energy security performance from 1990 to 2010 for eighteen countries", *Energy*, Vol. 36, pp. 5846-5853.
- Bert Kruyt, D.P van Vuuren, H.J.M. de Vries, H. Groenenberg, 2009, "Indicators for energy security", *Energy Policy*, Vol. 37 pp. 2166-2181.
- Hai-Ying Zhang, Qiang Ji, Ying Fan, 2013, "An evaluation framewrok for oil import security based on the supply chain with a case study focused on China", *Energy Economics*, Vol. 38, pp. 87-95.
- Yergin, D., "Ensuring energy security." *Foreign affairs*, 2006, 69-82.
- IEA, 2011, *The IEA Model of Short-term Energy Security (MOSES)-Primary Energy Sources and Secondary Fuels*, International Energy Agency, Paris.
- U.S. Chamber of Commerce, 2014, *Index of U.S. Energy Security Risk*, U.S. Chamber of Commerce, Washington.
- U.S. Department of Energy, *Strategic Plan 2014-2018*, 2014
- National Energy Policy, *National Energy Policy Development Group*, 2001