



## 국내 액화천연가스 도입구조의 위험성 평가

†유혜진\*, \*\*, 오근엽\*\*\*, 조원준\*, 임옥택\*\*\*\*

\*(주)바이오프렌즈, \*\*충남대학교 무역학과 석사과정, \*\*\*충남대학교 무역학과 교수,  
\*\*\*\* 울산대학교 기계공학부 교수

(2020년 12월 30일 접수, 2021년 2월 23일 수정, 2021년 2월 24일 채택)

## Assesment of Domestic Import Risk for Liquefied Natural Gas in Korea

†Hyejin Yu\*, \*\*, Keun-Yeob Oh\*\*, Wonjun Cho\*, Oktaeck Lim\*\*\*\*

\*Bio Friends Inc., Daejeon, Korea

\*\*Dept. of International Trade, Chungnam National University, Daejeon, Korea

\*\*\*Dept. of Mechanical Engineering, Ulsan University, Ulsan, Korea

(Received December 4, 2020; Revised January 14, 2021; Accepted January 15, 2021)

### 요 약

세계적으로 천연가스는 환경적, 정치적, 지역적인 이유로 중요한 에너지원으로 부상하고 있다. 우리나라에서 천연가스는 액화천연가스로 수입하고 있으며, 석탄과 원전을 대체하는 연료나 원료의 활용에서 액화천연가스는 증가하고 있다. 우리나라는 천연가스를 수입에 의존하고 있기 때문에 공급에 대한 안정성분석이 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 우리나라 수입구조의 위험도 분석을 통하여 공급리스크를 줄이고 안정적인 공급과 수요를 위한 방안을 제시하였다.

공급위험도를 감소시키기 위해 한 국가로부터의 수입 집중도를 낮춰야 하며, 가스공급안정성 지수 (gas supply security index, GSSI)가 낮은 국가의 수입비중을 낮추고 상대적으로 안정적인 국가인 러시아로부터 수입을 증가시켜야 한다. 또한, 수입국가의 수를 늘리거나 안정적 공급이 가능한 국가와의 관계 유지는 우리나라 수입가스의 공급안정성지표 (total gas supply security index, TGSSI)에 긍정적인 영향을 줄 것으로 분석되었다.

**Abstract** - Natural gas is globally emerging as an important energy source for environmental, political and regional reasons. In Korea, natural gas imported from oversea natural gas resources as a LNG, it is increased for an applications as a fuel and feedstock which replace the coal and nuclear energy. Because it is relied on the import market in Korea, it is very important to analyze the security for supply. Therefore, this study suggested a method for reducing supply risk and for providing stable supply and demand through risk analysis of Korea's import structure.

In order to reduce the supply risk, the concentration of importing countries should be lowered and it is necessary to lower the proportion of countries with relatively low GSSI and increase the imports from Russia. Finally increasing the number of importing countries or maintaining friendly relations with countries where the supply is stable could give us the positive impact in terms of total GSSI.

**Key words** : natural gas, LNG, import risk, gas supply security index(GSSI) , small scale LNG (ssLNG)

†Corresponding author: heileyyu@bfi.co.kr

Copyright © 2021 by The Korean Institute of Gas

### I. 서론

천연가스(natural gas, NG)는 메탄(CH<sub>4</sub>)을 주성분으로 하는 혼합물이며 LPG, 경유, 가솔린 등 보다 탄소수가 적어 연소 시 미세먼지와 이산화탄소의 발생량이 적어 청정한 화석연료로 알려져 있으며, 전 세계 일차 에너지 수요의 23%를<sup>1)</sup> 차지할 만큼 많이 사용되고 있는 연료이다. 우리나라에 공급되는 천연가스는 대부분 수입에 의존하고 있고, 육상으로 들어오기 어려운 구조이므로 해상을 통해 액화천연가스(liquefied natural gas, LNG) 형태로 수입된다. 도시가스(city gas)로 익숙한 천연가스는 사람들의 일상에 필요한 에너지원이고, 탈석탄과 탈원전 정책이 활성화되면서 천연가스의 중요도는 더욱 높아지고 있다.

국내뿐만 아니라 세계적으로도 천연가스는 환경적, 정치적, 지역적인 이유로 점점 더 중요한 에너지원이 되고 있다. 특히, 1997년 교토의정서가 만료되는 2020년 이후의 기후변화 대응을 위해 2015 파리기후협약이 체결되면서 청정에너지에 대한 관심도가 증가하였다. 또한, 중동에 밀집되어 있는 석유보다 전 지역에 걸쳐 넓게 분포되어 있어, 인접 국가들에 매력적인 요소로 간주되고 있다.<sup>2)</sup>

천연가스는 석유보다 다양한 지역에 분포되어 있지만 천연가스 보유국의 내·외적 갈등으로 공급 변동이 있을 수 있으므로 다양한 대책 마련이 필요하다. 아시아는 세계 LNG 물량의 75%를 수입하며, 우리나라의 수입량은 세계 2위를 차지한다. LNG 무역은 대부분 20~25년의 장기계약과 원유가격 연동제로 계약<sup>3)</sup>이 이루어지는데 여기에는 운송이 중단되어도 수입업체가 가스 대금을 지불해야 하는 관세 부과조항 등이 포함되어있다.<sup>4)</sup> 소비량의 대부분을 수입에 의존하는 일본, 우리나라와 최근 천연가스 소비량이 급증하는 중국, 인도 등에 대한 공급 안정성에 대한 연구가 진행되고 있으나 우리나라의 수입국가 별 위험성을 분석한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 환경오염물질 저감 및 온실가스 배출 감소를 위해 석탄발전을 줄이고 천연가스와 재생에너지의 사용량을 증가시키는 추세로 넘어가는 과도기적 과정을 거치고 있으므로, 에너지안보를 유지하는 것은 매우 중요한 사안이다. 따라서 본 연구를 통해 우리나라 수입구조의 위험도 분석을 하여 공급 리스크를 줄이고 안정적인 공급과 수요를 위한 방안을 제시하고자 한다.

### II. 연구방법

본 연구는 천연가스 수입국의 공급 위험도를 분석한 것으로, 여러 가지 지표가 알려져 있으나 그 중 구조적 위험도(structure risk, SR), 의존적 위험도(dependence risk, DR), 인프라 위험도(infrastructure risk, IR), 자원 위험도(resource risk, RR) 지정학적 위험도(geopolitical risk, GR) 시장위험도(market risk, MR), 운송위험도(transportation risk, TR)의 7가지 위험도를 분석한다. 각 위험도는 국내요인과 수입국의 요인으로 나누어 분석한다. 국내요인으로는 SR, DR, IR 이 포함되며, 수입국의 요인 분석으로 RR, GR, MR, TR을 활용하였다.

연구에 활용된 수식은 Chengzhu Gong (2020)<sup>5)</sup>의 연구를 인용하였다. 구조적위험도와 의존적 위

Table 1. Analysis method according to risk indicators

구분	Index	Analysis method	
		factor	분석 방법
Risk of domestic factor	IR	기화용량, 가스소비량	개별 분석
	SR	가스소비량, 총 에너지 소비량	개별 분석
	DR	가스소비량, 가스수입량	개별 분석
수입국 위험도 GSSI	RR	R/P (reserves/production)	국가별 가스공급 안정성지수(GSSI) 산출
	GR	FSI	
	MR	수입단가	
	TR	운송거리	
수입국 위험도 TGSSI	RR'	비중, R/P	우리나라 가스공급 안정성지수(TGSSI) 산출
	GR'	비중, FSI	
	MR'	비중, 수입단가	
	TR'	비중, 운송거리	
시나리오분석		6가지 시나리오분석 대한 TGSSI 예측	
결론 도출	국가별 가스공급안정성 지수 산출에 따른 적절한 수입 분배 및 위험도 감소 방안 제시		

험도의 자료는 에너지통계연보(2019)<sup>6)</sup>를 활용하였고, 수입물량에 대한자료는 BP statistical review of world energy<sup>7)</sup>의 자료를 2011년부터 2019년까지의 자료를 이용하였다. 지정학적 위험도의 국가위험지수<sup>8)</sup> (fragile states index, FSI)는 Fund for Peace에서 제공하는 자료를 2010년부터 2018년까지 활용하였다. 운송 위험도에서 항구간 거리<sup>9)</sup>는 Sea-distances.Org를 통해 계산하였으며, 우리나라 수출입과 관련된 자료는 관세청에서 제공하는 수출입 무역통계자료를 활용하였다.

### III. 연구결과

#### 3.1 국내 LNG수입 위험도 분석

국내 LNG 수입 위험도는 수입국과 관계없는 우리나라의 내부적인 요인에 해당한다. 국내 위험도 분석을 위해 우리나라 전체 에너지 소비량 대비 천연가스 총량을 의미하는 구조적위험도와 우리나라 천연가스 소비량의 수입의존도를 분석하는 의존적 위험도, 국내 천연가스 소비량 대비 기화능력을 분석하는 인프라 위험도 3가지 요인이 해당된다. 각 위험도는 복합지표의 구성없이 개별적인 위험도로 평가할 수 있다.

국내 천연가스의 연도별 SR분석을 통해 우리나라에서 전체 소비되는 에너지 대비 천연가스의 의존도를 계산하였다. SR 수치는 0부터 1까지 존재하며, 수치가 클수록 해당 연료의 의존도가 높은 것을 의미한다. TC와 PC는 열량단위인 TOE를 기준으로 하였고, 데이터는 에너지통계연보(2019)를 활용하였다.

$$SR = \frac{TC}{PC} \quad (1)$$

TC (total domestic natural gas consumption)

: 국내에서 소비되는 천연가스 총량

PC (total domestic primary energy consumption)

: 국내에서 소비되는 에너지 총량

국내 천연가스의 구조위험도는 약 0.1 수준으로 국내에서 소비되는 에너지 중 4번째이며, 석유, 전력, 석탄, 천연가스, 신재생 순서로 의존도가 높은 것을 확인하였다.

SR은 0~1범위에서 0.1수준을 계속 유지하고 있는데, 이는 우리나라 전체 에너지 소비량에서 천연가스가 차지하는 비율이 10% 정도인 것을 나타낸다. 우리나라에서 가장 SR이 높은 연료는 석유이

**Table 2.** Structural risk analysis of natural gas in Korea

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Coal	0.14	0.16	0.15	0.15	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14
Oil	0.52	0.50	0.49	0.49	0.49	0.50	0.52	0.51	0.50
NG	0.11	0.12	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.11
Electricity	0.19	0.19	0.19	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19	0.19
Renewable energy	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04

**Table 3.** Dependence risk analysis of natural gas in Korea

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
DR	0.998	1.040	0.949	0.999	1.020	1.002	0.962	1.038	1.046

며, 천연가스는 5가지 연료 중 4번째이므로 SR은 비교적 안정적이라고 할 수 있다.

DR은 국내 천연가스 소비량에 대한 천연가스 수입량 비율을 나타낸다. 지표가 높을수록 수입 천연가스에 대한 의존도가 높고 공급위험이 큰 것을 나타내는데, 우리나라는 대부분 수입해오기 때문에 수치가 1에 근접하며, 1미만이면 공급량보다 수요량이 많고, 1초과이면 과잉 공급 상태로 해석할 수 있다.

$$DR = \frac{NGI}{TC} \quad (2)$$

NGI (total natural gas imports) : 천연가스 수입 총량

TC (total domestic natural gas consumption) : 국내에서 소비되는 천연가스 총량

우리나라 천연가스의 DR은 매우 높은 편이며, 최근 과잉공급 상태가 유지되고 있으므로 천연가스 소비 활성화를 위한 방안이 필요한 것으로 보인다.

IR은 국내 천연가스 소비량 대비 기화 능력의 비율로 분배 능력으로 평가된다. IR이 높을수록 가스 소비 공급이 중단될 가능성이 낮은 것으로 판단한다.

**Table 4.** Infrastructure risk of natural gas in Korea

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
RF	9,916	10,276	10,636	11,356	14,056	14,056	14,056	14,056	15,376
IR	2.63	2.53	2.42	2.47	3.36	3.68	3.53	3.38	3.19

$$IR = \frac{RF}{TC} \quad (3)$$

RF (annual nominal capacity of LNG regasification terminals) : 기화 용량 (ton/y)

TC (total domestic natural gas consumption) : 국내에서 소비되는 천연가스 총량

우리나라 인프라 구조를 보면, 기화 용량이 소비량보다 2~3배 이상 높게 구성되어 있어, 안정적인 구조를 보인다고 할 수 있다. 우리나라에서 LNG 기화는 해수식 기화와 연소식 기화 두 가지 방식을 이용하며, 기화기를 거쳐 기체가 된 천연가스는 송출량 계량설비를 지나 부취제를 투입한 후 전국 배관망을 통해 수요처에 공급된다. IR은 2.5 이상을 유지하고 있어, 국내 소비량 대비 기화용량이 안정적이라고 할 수 있고, 2014년 삼척생산기지 운전개시로 인해 저장용량과 기화용량이 증가하여 IR이 더욱 안정세를 보였다.

### 3.2 수입 국가별 위험도 분석

수입 국가별 위험도 분석은 우리나라에서 천연가스를 수입하는 대표적인 9개 국가에 대한 위험도 분석이다. 대상 국가는 2010년부터 2018년까지 평균 수입량이 많은 9개국이며, 미국, 러시아, 오만, 카타르, 나이지리아, 호주, 브루나이, 인도네시아, 말레이시아가 포함된다. 해당 국가의 가채년수로 분석하는 RR과 정치적, 경제적, 사회적 안정성을 평가하는 GR, 우리나라에 공급하는 단가에 해당하는 MR, 운송거리에 따른 TR 4가지 위험도를 분석한다. 분석한 각 요소에 대하여 복합지표인 가스공급안정성 지수 (gas supply security index, GSSI)를 산출하여 수입국의 우리나라에 대한 위험도를 산출하였다.

RR은 천연가스의 확인매장량과 생산량에 대한 비율로 R/P가 주요 요소이다. R/P가 높은 국가는 천연가스 매장량이 풍부하여 장기간 안정적인 공급이 가능한 것으로 본다. 연도별 각 국의 R/P가 대부분 감소추세를 보이고 있기 때문에 수입국에

대한 자원위험도 분석은 반드시 필요한 요소라고 할 수 있다. 우리나라 수입국의 R/P가 국내에 미치는 위험도를 계산하기 위해 아래와 같은 식을 이용하였으며, 모든 리스크의 대상 국가는 미국, 러시아, 오만, 카타르, 나이지리아, 호주, 브루나이, 인도네시아, 말레이시아로 한정하였다. 각 국가의 연도별 RR 산출을 위해 각 국가의 R/P를 정규화 하였다. R/P는 높을수록 긍정적인 요인이기 때문에 아래와 같은 수식을 이용하여 계산하였다.

$$P.N = \frac{x_{ij}^t - \text{Min}(x_{ij}^t)}{\text{Max}(x_{ij}^t) - \text{Min}(x_{ij}^t)} \quad (4)$$

P.N (positive normalization) : 긍정적 요인의 정규화

우리나라가 천연가스를 수입하는 국가의 지정학적 위험도 분석을 하였다. Gong et al., (2020)은 지정학적 위험도를 종합적으로 평가하기 위해 FSI를 도입하였다. FSI는 국가의 정치적, 경제적, 사회적 안정성을 다루는 포괄적 지표로서 수치가 높을수록 국가의 전반적 위험도가 높아진다. 각 국가의 연도별 GR산출을 위해 Table 5에 나타나 있는 우리나라 LNG 수입국의 FSI를 활용하여 정규화 하였다. FSI는 높을수록 부정적인 요인이기 때문에 RR과 달리 아래와 같은 수식을 이용하여 계산하였다.

$$N.N = \frac{\text{Max}(x_{ij}^t) - x_{ij}^t}{\text{Max}(x_{ij}^t) - \text{Min}(x_{ij}^t)} \quad (5)$$

N.N (negative normalization) : 부정적 요인의 정규화

MR의 척도는 가격요인이다. 가격의 급격한 변동은 공급위험도를 초래하고, 대부분의 시장 변화에 대한 위험도가 가격에 반영되기 때문에 중요한 요소라고 할 수 있다. 시장위험도 산출은 Table 6의 우리나라 LNG수입국별 수입단가<sup>10)</sup>를 정규화 하여 각 국의 연도별 위험도를 부정적 요인의 정규화 방법을 이용하여 계산하였다.

TR은 운송경로에 존재하는 위험을 측정하는데 사용되며, 해상운송에 주로 적용된다. 운송의 위험은 주로 수입되는 천연가스가 많고, 운송거리가 멀어질수록 불확실성과 잠재적인 위험도가 증가한다. 운송위험도는 연도별 거리의 변화가 없으므로 대상 거리와 정규화 계산결과는 Table 7에 나타냈

**Table 5.** FSI of countries exporting LNG to Korea

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
USA	35.3	34.8	34.8	33.5	35.4	35.4	34.0	35.6	37.7
Russia	79.0	77.7	77.1	77.1	76.5	80.0	81.0	79.2	77.2
Oman	48.7	49.3	51.7	52.0	53.1	52.0	51.6	52.5	52.6
Qatar	51.8	49.5	48.0	47.1	48.9	46.3	45.1	44	48.1
Nigeria	100.2	99.9	101.1	100.7	99.7	102.5	103.5	101.6	99.9
Australia	27.8	28.1	25.4	25.4	26.3	24.3	22.5	22.3	20.8
Brunei	67.6	65.8	64.1	63.2	63.6	63.5	62.0	61.6	59.8
Indonesia	83.1	81.6	80.6	78.2	76.8	75.0	74.9	72.9	72.3
Malaysia	69.2	68.7	68.5	66.1	66.2	65.9	66.1	65.4	63.6

**Table 7.** Normalized calculations of transport distance and transport risk by country

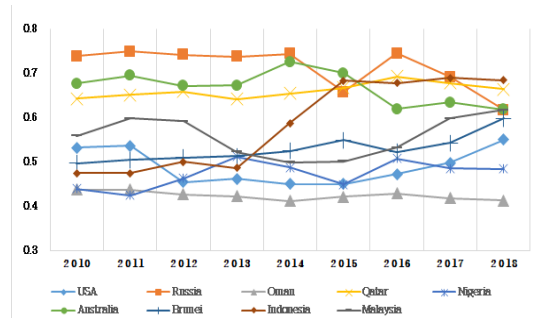
	Distance (Km)	TR
USA	16,090	0.0593
Russia	1,440	1.0000
Oman	9,170	0.5037
Qatar	9,913	0.4559
Nigeria	17,013	0.0000
Australia	6,707	0.6618
Brunei	3,260	0.8831
Indonesia	4,057	0.8320
Malaysia	3,878	0.8434

**Table 6.** Unit price of LNG for countries exporting to Korea (unit : USD/ton)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
USA	442.3	565.0	920.2	905.4	1,073	699.8	380.1	411.2	482.9
Russia	279.0	369.6	392.1	309.2	652.3	478.4	314.4	369.7	502.0
Oman	642.9	825.6	961.6	928.6	947.6	624.6	390.9	455.4	585.3
Qatar	661.6	830.8	942.8	900.3	922.5	608.8	369.9	441.0	555.8
Nigeria	462.4	630.5	751.0	789.7	818.0	517.3	353.9	393.5	491.9
Australia	436.8	582.1	735.2	726.7	739.3	492.2	379.3	416.1	539.9
Brunei	648.3	784.1	968.8	891.5	873.4	545.5	398.4	423.4	497.3
Indonesia	518.5	671.4	717.6	712.2	728.9	421.7	316.6	353.8	434.6
Malaysia	438.3	503.1	565.7	684.5	868.9	576.6	363.0	387.4	474.7

으며, 부정적 요인의 정규화 식을 이용하여 계산하였다.

각 지표들을 이용하여 GSSI를 산출하였다. GSSI는 Cabalu(2010)의 수식을 인용하였다. RR, GR, MR, TR 각 요소에 대하여 정규화를 통해 범위를 일치시켰으며, 정규화 방법은 긍정적인 요소인 RR을 정규화 (P.N)의 방법으로 계산하였고, 부정적인 요소인 GR, MR, TR을 정규화(N.N)으로 구분하여



**Fig. 1.** GSSI by importing country from Korea.

계산하였다. 정규화된 각 요소들은 GSSI 식을 이용하여 계산하였다.

$$GSSI = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 N_i^2}{4}} \tag{6}$$

N = 정규화된 지표 값

가스 안보와 관련된 지표는 상호 연관되어 있으며, GSSI는 지수가 낮을수록 공급불안과 취약성을 나타내며, 지수가 높을수록 상대적인 안정성을 의미한다. 우리나라의 천연가스 수입국에 대해 RR, GR, MR, TR 4가지 요소에 대해 평가한 GSSI 결과는 Fig 1과 같으며, 데이터는 Table 8에 나타내었다.

**Table 8.** GSSI of countries exporting LNG to Korea

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
USA	0.5328	0.5364	0.4552	0.4622	0.4481	0.4501	0.4727	0.4982	0.5500
Russia	0.7386	0.7488	0.7415	0.7380	0.7436	0.6796	0.7446	0.6915	0.6176
Oman	0.4376	0.4380	0.4268	0.4227	0.4386	0.4434	0.4290	0.4186	0.4139
Qatar	0.6432	0.6513	0.6585	0.6421	0.6773	0.6858	0.6924	0.6777	0.6638
Nigeria	0.4404	0.4246	0.4635	0.5124	0.5303	0.4900	0.5076	0.4856	0.4849
Australia	0.6769	0.6946	0.6719	0.6723	0.7480	0.7235	0.6197	0.6346	0.6184
Brunei	0.4968	0.5044	0.5099	0.5131	0.5619	0.5841	0.5224	0.5430	0.5987
Indonesia	0.4750	0.4753	0.5002	0.4871	0.6126	0.6832	0.6783	0.6893	0.6843
Malaysia	0.5587	0.5983	0.5918	0.5225	0.5395	0.5359	0.5324	0.5981	0.6176

우리나라 수입국별 공급안정성지수는 0.4~0.8 사이로 나타났으며, 변동이 없는 운송위험도는 안정한 순서로 러시아, 브루나이, 말레이시아, 인도네시아, 호주, 오만, 카타르, 미국, 나이지리아 순이다.

러시아가 가장 안정적인 국가로 나타났는데, 2015년 안정성이 감소한 이유는 국가위험도지수 FSI값이 76.5에서 80으로 상승하였고, 2015년 저유가와 러시아 국민의 지불능력 감소 등으로 인해 러시아 중앙은행이 기준금리를 인하하는 등의 경제적 요인이 적용되었기 때문으로 보인다. 2016년 이후에는 자원위험도, 지정학적 위험도, 시장위험도가 모두 높아지면서 가스공급안정성지수가 감소추세를 보였다.

호주는 지정학적 위험도가 2010~2018년 동안 가장 안정적인 국가로 나타났고, 2014년 시장위험도가 전년 대비 2배 이상 안정화되어, 가스공급안정성지수가 소폭 증가하였다. 그러나 2014년 이후 자원위험도가 지속적으로 높아지면서 가스공급안정성지수의 하락추세를 보였다.

카타르는 자원위험도가 2010년~2018년 동안 2013년을 제외하고 가장 안정적이었으며, 큰 변동 없이 0.65 수준을 유지하였고, 오만 또한 변동폭은 적으나, 가장 가스공급안정성지수가 낮은 국가로 나타났다. 오만은 자원위험도가 지속적으로 높으며, 시장위험도 또한 매우 위험한 수준을 유지하고 있기 때문이다.

인도네시아는 MR이 2014년 큰 폭으로 안정화되면서 2018년까지 긍정적인 요소로 작용하였다. 브

**Table 9.** Ratio of Korea's imports per country

(unit : %)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
USA	0.8	0.4	-	-	-	-	0.7	5.3	10.8
Russia	8.8	7.9	6.4	4.6	5.1	8.0	5.5	5.1	4.3
Oman	13.7	10.1	12.1	10.8	10.0	11.9	12.0	11.1	9.6
Qatar	22.9	22.5	30.2	33.6	34.6	37.4	35.5	30.9	32.5
Nigeria	2.7	3.0	5.3	7.0	8.6	3.7	1.6	2.1	1.0
Australia	3.0	2.2	2.3	1.5	2.3	5.7	13.9	18.7	17.9
Brunei	2.4	2.0	2.3	2.9	2.0	3.7	4.1	3.9	1.7
Indonesia	16.7	21.9	21.9	14.1	13.9	11.2	13.0	9.5	7.8
Malaysia	14.4	11.4	11.9	10.8	10.0	11.0	11.4	9.9	8.4

루나리와 말레이시아는 RR이나, GR은 큰 변화는 없으나 MR이 감소하면서 GSSI가 소폭 증가하였다. 나이지리아는 지정학적위험도, 운송위험도가 가장 높으나 RR과 MR이 중간정도의 수준을 유지하면서 완충효과가 있었던 것으로 보인다.

마지막으로 미국은 RR이 가장 높은 국가이며, GR은 호주 다음으로 안정된 국가로 나타났으며, MR은 2016년부터 안정세를 나타내며, GSSI가 상승추세를 보이고 있다.

TGSSI 산출을 위해 비중이 적용된 연도별 각 국가의 GSSI를 계산하였고, 그 해의 각 국가별 GSSI의 합으로 우리나라의 TGSSI를 분석하였다.

$$RR_i^t = (100si_i^t) \times R/P_i^t \quad (7)$$

$$GR_i^t = (100si_i^t) \times FSI_i^t \quad (8)$$

$$MR_i^t = (100si_i^t) \times p_i^t/p_{max}^t \quad (9)$$

$$TR_i^t = (100si_i^t) \times T_i^t/T_{max}^t \quad (10)$$

$$TGSSI^t = \sum_{i=1}^n \left( \sqrt{\left( \sum_{i=1}^4 (N_i^t)^2 / 4 \right)} \right) \quad (11)$$

i는 해당국가, t는 해당되는 해(년)을 의미한다.  $100si_i^t$ 는 i국가의 t해의 비중(%),  $p_i^t/p_{max}^t$ 는 i국가

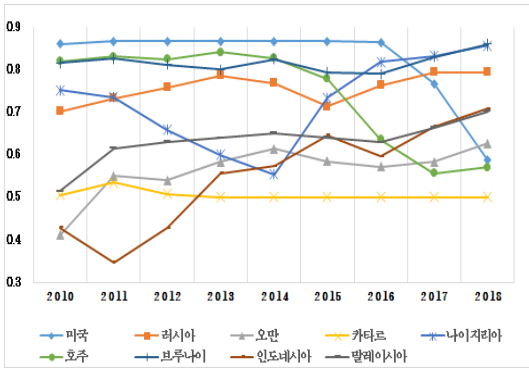


Fig. 2. GSSI for each country with Korea's import ratio.

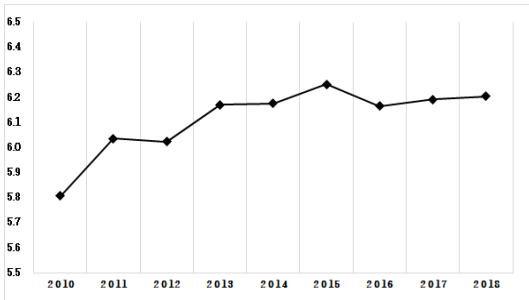


Fig. 3. TGSSI changes in Korea by year.

의  $t$ 해의 시장가격에서  $t$ 해의 최대시장가격을 나눈 값,  $T_i^t / T_{max}^t$  는  $i$ 국가의  $t$ 해의 운송거리에서  $t$ 해의 최대 운송거리를 나눈 값,  $TGSSI^t$ 는  $t$ 해의 우리나라 가스공급안정성지표,  $N_i^t$ 는  $i$ 국가의  $t$ 해의 안정성지표 정규화 값을 의미한다.

국가별 위험도에 비중요소를 넣어 분석하였으며, 연도에 따른 국가별 수입비중은 Table 9에 나타내었다. 우리나라 수입 가스의 공급안정성지표 산출을 하였고, 각 국가의 GSSI는 Fig 2에, 우리나라 가스공급안정성 지표 TGSSI는 Fig 3에 결과를 나타내었다.

TGSSI값이 높을수록 해당 해의 수입가스 공급안정성이 높은 것으로 판단할 수 있는데, 한 해를 구성하는 한 국가의 최댓값은 0.8660이다. 우리나라는 대체적으로 6.0 수준의 수입가스에 대한 공급안정성을 보이는데, 2010년부터 2014년까지 나이지리아로부터의 수입비중이 증가하면서 나이지리아의 GSSI가 가파르게 하락하였으나 인도네시아로

부터의 수입비중 역시 증가하면서 상쇄 및 다른 국가들의 GSSI 상승효과로 우리나라 TGSSI가 증가한 것으로 보인다.

국가 간 수입비중 변화에 따라 안정성이 상호 유기적으로 변동되기 때문에 수입비중은 공급안정성 평가에 중요한 요소이며, 한 국가에 집중하여 수입하는 것 보다 비교적 공급안정성이 높은 국가인 러시아 등의 국가에 수입비중을 분배하는 것이 적합한 것으로 보인다. 그러나 가스공급안정성 지수에 가장 크게 영향을 주는 것은 우리나라 천연가스 수입에 참여하는 국가의 수이며, 공급 국가가 다양해질수록 수입가스에 대한 공급안정성은 높아질 것으로 예상된다.

### 3.3 시나리오 분석

한국가스공사의 장기계약물량 중 2024년 오만과 카타르의 계약이 종료된다. 큰 비중을 차지하는 물량인 만큼 공급안정성에도 큰 영향을 줄 것으로 예상된다. 2025년 추가 계약이 확정된 물량은 미국으로부터 158만 톤 (약 2bcm)을 수입하는 것이다. 이를 활용하여 6가지 시나리오를 분석하고자 한다.

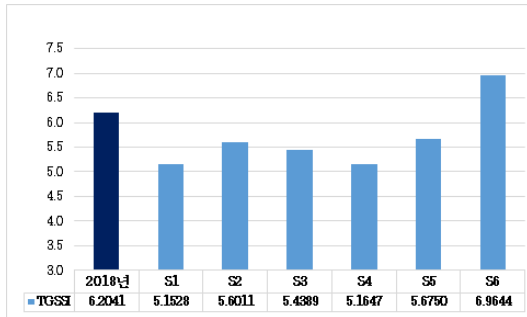
시나리오 1은 9개 국가에서 동일한 비중으로 수입했을 때 우리나라 가스공급안정지수에 미치는 영향을 분석하며, 시나리오 2~5는 2024년 이후 변동될 상황에 대한 예측, 시나리오 6은 수입국가의 수가 늘어날 경우 실제 공급안정지수가 증가하는지에 대한 분석이다. 노르웨이와 트리니다드토바고는 실제로는 수입을 하고 있지만 수입량이 적어 국가별 GSSI산출에서는 제외하였으나 시나리오의 국가 수에 따른 변화를 분석하기 위해 두 국가를 포함하였다. 노르웨이는 유럽국가로서 유럽의 천연가스 소비량의 약 21%를 담당하고 있으며, 트리니다드토바고는 카리브 해에 위치하고 세계 LNG 수출 10대 국가에 포함된다. 매장량이 풍부한 두 국가를 수입국에 포함함으로써 우리나라 공급안정성 지표에 어떠한 영향을 주는지 확인하고자 한다. 분석방법은 국가별 공급안정성 지표 산출과 동일하게 하였다. 기본가정과 시나리오는 Table 10에 나타내었다.

시나리오에 대한 분석결과는 Fig 4와 같다. 2018년 기준으로 분석요소를 설정하였기 때문에 비교 데이터로 2018년의 TGSSI를 산입하였다.

시나리오 1은 분석결과 시나리오 중 가장 낮은 TGSSI를 보였는데, 수입비중이 감소하는 카타르와 호주를 제외한 7개 국가의 공급안정지수가 낮아졌기 때문이며, 공급안정성지수가 상대적으로 낮은 나이지리아, 오만 등에 수입비중이 할당되기 때문

**Table 10.** Scenario for predicting GSSI

	Contents
Basic	- 2018년 R/P, FSI, 수입단가, 거리 동일 - 물량 : 카타르 4,920천 톤 (6.1bcm)종료, 오만 4,060천 톤 (5.1bcm)종료, 미국 1,580천 톤 (2.0bcm) 수입 확정
Scenario1 (S1)	- 물량에 대한 기본가정에 해당하지 않음 - 9개 국가가 동일한 비중으로 수입
Scenario 2 (S2)	- basic
Scenario 3 (S3)	- basic + 2018년 수입총량 부족분에 대하여 미국, 러시아, 호주에서 33%씩 수입
Scenario 4 (S4)	- basic + 2018년 수입총량 부족분에 대하여 다른 6국가에서 동일하게 수입
Scenario 5 (S5)	- basic + 2018년 수입총량 부족분을 러시아에서 수입
Scenario6 (S6)	- basic + 2018년 수입총량 부족분을 타 국가 (노르웨이, 트리니다드토바고)에서 수입



**Fig. 4.** TGSSI changes in Korea by scenario.

에 우리나라 공급안정성지수에 감소 영향을 주는 것으로 보인다. 시나리오 2는 수입총량이 감소하여 9개 국가가 차지하는 비중이 상대적으로 증가하였으며, 특히 미국에서 추가물량이 수입됨에 따라 미국의 GSSI값이 크게 하락하였다. 수입총량 감소에 따라 각 국가의 비중이 수입량 감소분과 비례하여 비중이 증가된 시나리오 2는 9개 국가에서 동일하게 수입하여 상대적 가스공급 위험국으로부터의 수입비중이 증가한 시나리오 1보다 TGSSI가 높게 나타났다. 이는 비중을 균등하게 하여 국가 간 편차를 줄이는 것보다 안정적인 국가로부터의 수입

량이 많은 것이 TGSSI에 긍정적 영향을 주는 것을 의미한다. 시나리오 3은 미국과 러시아의 비중증가에 따른 GSSI감소에 영향을 받아 시나리오 2보다 소폭 하락하였으며, 다른 6개 국가들에 균등하게 분배한 시나리오 4는 위험국가의 비중 증가로 TGSSI가 더욱 하락하였다. 비교적 안전한 국가인 러시아에 잔여물량을 모두 수입한다고 가정한 시나리오 5는 다른 시나리오보다 TGSSI가 높은 것을 볼 때, 수입국의 일반적 다변화 보다는 수입국의 가스공급위험도 GSSI가 안정한 국가에 수입물량을 증가시켜야 하는 것이 중요하다는 것을 확인하였다. 또한, 시나리오 6의 결과와 같이 수입국가 및 수입이 가능한 국가의 증가는 우리나라 가스공급 안정지수에 긍정적인 영향을 주는 것을 확인할 수 있다.

시나리오 결과와 같이 수입비중 조정은 수입국가의 위험도와 연관되어 있으므로 비중을 균등하게 분산시키는 것 보다 GSSI가 안정적인 국가를 선택하여 다변화 하는 것이 수입가스의 공급안정성 지수를 향상시키는데 긍정적인 요인으로 작용할 것으로 보인다.

#### IV. 결론 및 시사점

본 연구에서는 천연가스 공급의 안정성이 중요하다는 인식하에 우리나라의 천연가스 수입국들에 대한 국가별 위험도를 계산하고 이를 종합하여 안정성을 유지하기 위한 최적 수입비중을 계산하였다.

한국의 내부적 측면에서 구한 구조적인 위험도에서 우리나라는 천연가스 의존도가 0.1 수준으로 대부분 석유에 의존하고 있으며 전력, 석탄보다 낮은 단계의 위험도를 보였다. 의존적 위험도는 매우 위험한 상태로 우리나라가 LNG공급량의 대부분을 수입에 의존하고 있기 때문이며, 최근 과잉 공급되는 상태가 유지되고 있어 LNG소비 활성화 대책이 필요하다. 인프라 위험도는 우리나라의 기화용량이 소비량의 2~3배 정도를 유지하고 있어 양호하다고 할 수 있다. 또한 LNG탱크 신설로 저장용량 증가를 계획하고 있기 때문에 인프라 위험도는 긍정적인 방향으로 증가할 것으로 예측된다.

국가별 가스공급 위험도인 GSSI를 산출하기 위해 자원위험도, 지정학적 위험도, 시장위험도, 운송 위험도를 분석하여 각 국가의 연도별 GSSI를 계산하였다. 국가별 GSSI의 2010년부터 2018년까지의 평균값으로 계산해보면 각 국가의 GSSI는 0.4~0.8 사이에 분포하였고 러시아, 호주, 카타르, 인도네시아



아, 말레이시아, 브루나이, 미국, 나이지리아, 오만 순서로 공급 안정성을 보였다. 운송거리는 변동이 없다고 가정하였고, 국가위험도지수 FSI는 큰 변동이 없기 때문에 국가별 GSSI 변동에 영향을 주는 것은 자원위험도와 시장위험도라고 할 수 있다. 특히 시장위험도는 국제 유가변동과 가스공급 및 수요상황에 따라 변동이 있기 때문에, 변동폭에 대하여 공급국가의 완충능력이 주요 핵심이라고 할 수 있다.

수입비중을 적용하여 우리나라 수입가스에 대한 공급안정성 지수인 TGSSI를 분석을 한 결과 2010년부터 2018년까지 5.8~6.2를 유지하였다. 수입 국가 중 카타르가 가장 오랜 기간 하위 순위를 기록하는데 총 수입량의 30% 이상을 차지하는 것이 가장 큰 요인으로 보인다.

한국가스공사가 체결한 장기계약 물량 중 가장 큰 비중을 차지하는 오만과 카타르가 2024년 계약이 만료되기 때문에 위험도는 큰 폭으로 변동될 것으로 예상되어, 오만과 카타르 일부 계약이 만료되고 미국에서 158만 톤 수입이 확정된 것을 기본가정으로 6가지 시나리오 분석을 통해 공급안정성 변동 예측을 하였다. 그 결과 GSSI가 낮은 국가의 비중이 증가할수록 TGSSI가 하락하는데, 9개국에서 동등한 비율로 수입할 때 TGSSI가 가장 낮은 것으로 확인되었다. 특히 미국의 물량이 확정됨에 따라 미국에서의 수입비중이 증가하여 모든 시나리오에서 미국의 GSSI가 8~9위를 기록하였고, 9개국 중 안정적 GSSI를 갖는 러시아의 비중을 증가시켰을 때 가장 안정적인 TGSSI를 나타내었다. 또한, 시나리오 6에 따르면 수입 가능한 국가가 늘어날수록 우리나라의 TGSSI는 상향되며, 공급위험도가 높은 국가보다는 안정적인 국가와 계약체결이 가능한 상태를 많이 유지할수록 긍정적인 TGSSI를 나타낼 것으로 예측된다.

우리나라에서 오만과 카타르 등 중동지역에 집중되어있는 수입량을 가스공급 안정성이 높은 러시아로부터의 수입을 늘리고 유럽의 노르웨이, 중남미의 트리니다드토바고를 비롯하여 아시아 태평양 지역에서의 안정적 국가인 인도네시아, 말레이시아, 호주 등 여러 지역의 다양한 국가로부터의 수입 가능한 관계유지는 우리나라 TGSSI향상에 도움을 줄 것으로 보인다.

시장 위험도 감소를 위한 방안으로 현물시장의 확대를 제시할 수 있다. 호주의 LNG 생산량 증가와 미국의 셰일가스로 국제 LNG시장이 크게 확대되어 LNG가격이 안정세를 보이고 있으며 최근 원유가격 연동 비율이 하향 조정되고 있기 때문이

다.<sup>11)</sup> LNG에 대한 국내 소비시장은 장기계약에 의존하여 경직되어있으므로 현물시장도입 확대로 유연화가 필요하다.

천연가스 공급과잉으로 인한 소비대책으로 LNG 병커링 사업과 소규모 LNG (Small scale LNG, SS LNG) 사업의 활성화를 들 수 있다. LNG를 선박연료로 사용하는 시스템이 구축되면 LNG소비량은 크게 증가하고, 기존에 LNG 사용이 감소세를 보이던 부분에 대하여 보완 또는 증가세를 보일 것이라 예상된다. 소규모 LNG사업은 북유럽에서 활성화된 사업으로 PNG가 도달하기 어렵거나 대규모 수입이 어려운 지역에서 이루어졌으며, 우리나라에서는 통영에서 ISO tank를 활용한 LNG수출기지를 조성하고 있다. ISO tank로 소량 수출이 가능하면, 인근 중국의 내륙지역과 도서지역, 아시아-태평양 지역의 도서지역에 LNG수출이 가능하므로 공급과잉 시 잔여물량 해소가 가능할 것으로 보인다.

세계에너지총회 (World Energy Council, WEC)에서 에너지안보, 에너지 형평성, 환경적 지속가능성, 국가 고유특성을 반영한 에너지 트릴레마 지수를 매년 발표하는데, 우리나라는 형평성 부분은 매우 우수하나, 에너지안보와 지속가능성 지수는 여전히 개선이 필요한 국가로 평가되고 있다.<sup>12)</sup> 국내 화석연료의 사용과 정부대책으로 인한 원자력, 신재생에너지 등의 사용은 LNG 수입량에 영향을 줄 것이며 세월혁명과 COVID-19로 인한 경제활동 중지 등 예상치 못한 사건들은 불확실성을 야기하므로 각 요소에 대한 가중치 설정과 다양한 변수의 시나리오 분석을 통한 에너지안보 모델링이 필요할 것으로 판단된다.

## 사 사

이 연구는 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원 (KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임. (No. 20006864)

## REFERENCE

- [1] 세계 에너지시장 인사이트, 제19-42호 (2019)
- [2] Viado Vivoda, LNG import diversification and energy security in Asia, Energy Policy (129), p.967-974, (2019)
- [3] 서정규, "LNG 도입가격 결정방식과 장기-현물 계약 포트폴리오 구성에 대한 연구", 12-05, 에너지경제연구원 (2012)
- [4] Helen Cabalu, "Indicators of security of natural gas

- supply in Asia". Energy policy(38), p.218-225, (2010)
- [5] Chengzhu Gong et al., "Assessment of natural gas supply security in Asia pacific: Composite indicators with compromise benefit-of-the-doubt wieghts, Resources policy", (67), 101671, (2020)
- [6] 에너지통계연보 (2019)
- [7] BP statistical review of world energy (2011~2019)
- [8] Fund for peace (2010~2018)
- [9] Sea distance.org
- [10] 관세청, 수출입무통계(2010~2018)
- [11] 이상림 외, "LNG직수입 확대에 따른 전력시장 등 제도개편 방안 연구", 에너지경제연구원, pp. 1-75 (2018)
- [12] 정귀희 외, "WEC의 2019년 트릴레마 지수와 추세 분석", 에너지경제연구원, pp.1-16 (2019)