에너지경제연구 제 15권 제 2 호
Korean Energy Economic Review
Volume 15, Number 2, Sep 2016 : pp. 147 ~ 187

학 술

주요 석유수입국의 석유안보를 위한 전략 연구: 석유비축과 유류세 정책을 중심으로*

양일석** · 오세신***

요 약

아시아는 빠른 경제성장을 바탕으로 세계 석유수요의 중심지역으로 부상하고 있지만 다른 지역과 비교해 석유자원의 제한으로 역외 지역으로부터의 원유수입이 급증하고 있어 석유안보에 대한 필요성이 높아지고 있다. 이에 따라 아시아의 주요 석유소비국인 한국, 중국, 일본, 인도는 각자의 경제적 상황에 맞추어 석유안보를 위한 정책들을 강화해 왔다. 이 가운데 석유비축과 유류세 정책은 이들 석유소비국들의 대표적인 석유안보 정책으로 게임이론을 바탕으로 사회후생을 극대화하는 최적 정책의 방향성을 분석할 수 있다. 분석결과 석유비축은 공급 충격의 발생 확률 또는 정도가 높을 때, 또는 낮은 유가에서 비축이 늘어날 필요가 있으며, 유류세는 공급 위험이 높거나 자국 경제의 석유수요 의존도가 낮을 때 인상될 필요가 있다.

주요 단어 : 석유비축, 유류세, 석유안보, 쿠르노 경쟁
경제학문헌목록 주제분류 : Q21, Q42

* 본 논문은 2015년 에너지경제연구원 기본연구보고서 “석유안보 강화방안 연구: 동아시아의 석유안보 정책분석 및 협력방안”의 일부 내용을 발췌 및 수정·보완하였음.
** 경기대학교 무역학과 부교수(주저자). isyang@kyonggi..ac.kr
*** 에너지경제연구원 연구위원(교신저자). ssoh@keei.re.kr

Ⅰ. 서 론

2000년대부터 아시아 지역의 석유수요가 경제발전을 기반으로 급증하면서 세계 석유시장의 중심축도 과거 북미와 유럽에서 아시아 지역으로 이동하였다. 그러나 세계 석유공급에서는 북미지역의 비전통원유 생산이 급증했음에도 불구하고 중동 지역의 공급 비중이 꾸준히 30% 이상을 유지하고 있다. 게다가 아시아 지역 내에서는 석유생산의 증가속도가 석유수요를 쫓아가지 못하면서 역외로부터의 석유수입이 꾸준히 증가하고 있어 석유안보 차원에서는 우려가 커지고 있다고 볼 수 있다.

이에 따라 아시아 주요 석유수입국들은 안정적인 석유공급원을 확보하기 위해 전략적으로 석유를 비축하는 한편 해외석유개발 사업에도 진출하고 있으며 석유에 대한 경제적 의존도를 줄이기 위해서 세금을 부과하거나 연료를 석유에서 타 에너지원으로 대체하고 에너지효율을 개선하는 등 다방면에서 해법을 찾으려 하고 있다.

석유안보 정책과 관련한 연구는 석유 1·2차 파동 직후인 1980년대부터 꾸준히 이루어져 왔다. Teisberg(1981), Devarajan et al.(1983), Gibson(1984), Murphy et al.(1985, 1989) 등이 대표적으로 동적계획법(dynamic programming)을 기반으로 석유안보를 위한 석유비축과 석유관세의 최적 수준을 도출하였다. 그러나 기존의 연구들은 합리적인 석유정책의 수준을 추정하는데 연구의 초점을 맞추고 있으며 최근 아시아 지역의 석유 수급 상황과 석유 정책들이 상당히 역동적으로 변화하고 있음을 감안할 때 석유안보 정책이 시장 변수 또는 다른 석유안보 정책과 가지는 상호작용을 분석하는 것도 의미가 있는 연구로 사료된다.

본 연구에서는 아시아 지역의 대표적인 석유수입국가라 할 수 있는 한국,

중국, 일본, 인도의 석유수급과 석유안보 관련 정책들을 살펴보고 이를 바탕으로 석유안보를 위한 석유정책들의 상호 연관성과 합리적인 방향성을 이론적인 모형을 통해 규명하고자 한다.[1] 이를 위해 제Ⅱ장에서는 아시아 주요 4개국의 석유수급 추이를 분석하고 각국의 석유수요 및 석유공급 정책을 비교한다. 제Ⅲ장에서는 석유안보 전략의 이론적 분석을 위한 모형을 비협력과 협력 게임으로 나누어 설정한다. 제Ⅳ장에서는 선형함수를 고려하여 비협력과 협력 게임에서 구체적인 내쉬균형을 도출하여 각 국의 최적 석유비축량과 유류세를 분석한다. 제Ⅴ장에서는 최종적인 결론을 내릴 것이다.

Ⅱ. 아시아 주요국 석유수급 및 석유안보 정책 비교

1. 원유수급

아시아 지역은 2000대 들어 세계에서 석유수요가 가장 빠르게 증가하고 있어 석유시장의 무게 중심도 근래 들어 급격히 아시아 시장으로 기울고 있다. 이 중 중국과 일본, 인도, 그리고 한국은 석유수요에 있어 모두 세계에서 10번째 안에 들어가는 석유소비국이자 수입국들이다. 이들 국가들을 포함한 아시아 지역은 전반적으로 소비하는 만큼의 충분한 원유매장지를 보유하지 못해 대부분 원유를 역외 지역으로부터 수입하고 있고 그 수입량도 점점 증가하고 있는 것이 현실이다. 이로 인해 석유안보에 대한 필요성도 더욱 커지고 있다.

아시아 주요국들의 원유수급은 한국과 일본이 해외 수입에 거의 100% 의존하고 있는 반면 중국과 인도는 일부 자국 내 생산을 통해 조달하고 있다. 하지만 일본은 최근 석유 소비가 감소하고 있고 한국도 증가속도가 1%대로

1) IEA Monthly Oil Data Service 자료에 따르면 2014년을 기준으로 4개국의 총 석유수요는 아시아 총 석유수요의 72%를 차지한 것으로 나타난다.

둔화된 반면 중국과 인도는 4%의 빠른 소비 증가세를 나타내고 있어 원유수입의 절대량과 증가속도에 있어 한국과 일본을 크게 앞지르고 있다. 이러한 이유는 중국과 인도가 개발도상국으로서 빠른 경제성장과 인구증가로 석유제품 소비 급증과 함께 정제시설이 빠르게 확충되고 있기 때문이다. 이에 따라 이들 4개국만 합친 아시아 지역의 원유 순수입량은 2010년 이후 연평균 3.7%의 높은 증가세를 나타내고 있다.

비록 2014년 하반기부터 시작된 저유가로 석유안보란 화두가 다소 식은 면은 있지만 석유가 한정된 자원으로 여전히 전 세계 석유의 대부분이 중동 지역에 매장되어 있다는 사실은 변함이 없으며 2010년 말 '아랍의 봄' 이후 최근까지 이슬람국가(Islamic State)의 영향력 확대로 중동-북아프리카 정세불안이 높아지고 있다는 점을 고려하면 아시아 석유수입국들에게 석유안보는 여전히 중요한 문제이다.

<표 1> 아시아 주요국의 석유 소비 및 원유 순수입량 추이

(단위: 천b/d, %)

국가	항목	2010년	2012년	2014년	2015년	연평균증가율
한국	석유소비	2,370	2,458	2,454	2,575	1.7
	원유생산	-	-	-	-	-
	원유순수입	2,390	2,595	2,541	2,811	3.3
중국	석유소비	9,436	10,229	11,201	11,968	4.9
	원유생산	4,077	4,155	4,246	4,309	1.1
	원유순수입	4,669	5,407	6,197	6,686	7.4
일본	석유소비	4,442	4,688	4,309	4,150	-1.3
	원유생산	5	5	5	5	0.0
	원유순수입	3,705	3,739	3,384	3,364	-1.9
인도	석유소비	3,319	3,685	3,849	4,159	4.6
	원유생산	882	906	887	876	-0.1
	원유순수입	3,254	3,547	3,782	3,916	3.8
4개국 원유순수입 합계		14,018	15,288	15,904	16,777	3.7

자료: BP, Statistical Review of World Energy 2011-2016, 페트로넷(www.petronet.net)

2. 석유안보 정책

아시아 4개국들의 석유정책은 크게 공급정책과 수요정책으로 분류된다. 공급정책은 석유비축과 해외석유개발 및 자원외교 정책 등을 언급할 수 있으며 석유수요 관리정책으로서 유류세와 전기차 보급 정책 등을 들 수 있다. 이 가운데 석유비축과 유류세 정책이 석유안보 관련 정책 중 가장 오래되었고 정책의 추진이 비교적 빠르게 이루어질 수 있다는 점에서 본 연구의 주요 관심 대상으로 정하고자 한다.

석유비축은 4개국에서 모두 이루어지고 있다. 그 중 IEA 회원국인 한국과 일본은 이미 수십 년 전부터 전략비축유(Strategic Petroleum Reserves) 개념으로 정부차원에서 석유를 비축해 왔으며, 현재 IEA 비축일수 기준으로 각각 136일과 98일로 IEA 회원국에 대한 의무로 정해진 90일을 크게 상회하고 있다.

중국과 인도는 IEA 비회원국으로 2000년대 들어 석유비축에 대한 논의가 시작되었다. 현재 시설을 건설하고 있는 단계로 현재까지 정부가 보유한 비축량은 IEA 기준을 크게 하회하고 있다. 중국이 현재 석유비축 2단계 사업 완성으로 2억 배럴 규모의 정부 비축유를 확보하고 있는 것으로 알려져 있으나 중국의 납사를 제외한 석유 순수입량을 고려하면 비축일수는 70일이 채 안되며 인도는 2015년 말까지 3천 7백만 배럴을 확보할 계획이 있지만 인도의 석유 순수입량을 고려하면 비축일수는 10일 미만의 매우 작은 양이라 하겠다.

<표 2> 중국의 석유 전략 비축 기지 건설

(단위: 백만 배럴)

	회사	위치	용량	상태	완공
1단계	Sinopec	Zhenhai, Zhejiang	32.7	비축완료	3Q2006
	Sinochem	Zhoushan, Zhejiang	31.4	비축완료	4Q2007
	Sinopec	Huangda, Shandong	20.1	비축완료	4Q2007
	CNPC	Dalian, Liaoning	18.9	비축완료	4Q2007
	소계		103.2		2008
2단계	CNPC	Dushanzi, Xinjiang	18.9	비축완료	3Q2011
	CNPC	Lanzhou, Gangsu	18.9	비축완료	4Q2011
	CNPC	Jinzhou, Liaoning	18.9	건설 중	
	CNOOC	Huizhou, Guangdong	31.4	계획	
	CNPC	Jintan, Jiangsu	15.7	건설 중	
	Sinopec	Zhanjiang, Guangdong	44.0	계획	
	CNPC	Shanshan, Xinjiang	39.0	건설 중	
	Sinopec	Tianjin	20.1	건설 중	
	소계		206.9		2015
3단계	소계		189.9		2020
총계			**500.0**		

자료: IEA, Oil & Gas Security-Emergency Response of IEA Countries, 2012

<표 3> 인도의 원유 비축 기지 건설 현황

지역	착공일	완공예정일	규모(백만배럴)
Vishakhapatnam	2008년 1월	2015년 1월	7.55
Mangalore	2009년 4월	2015년 10월	11.00
Padur	2010년 5월	2015년 10월	18.77
총계			**37.32**

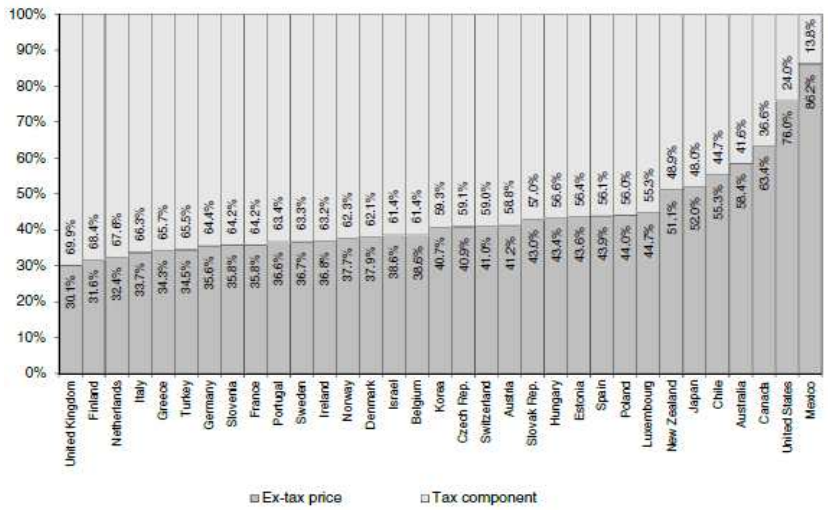
자료: 인도 석유 전략비축 유한회사 홈페이지(www.isprlindia.com)

수요관리와 관련한 석유안보 정책인 유류세와 관련해서는 한국과 일본이 가격 자유화는 물론 오래전부터 유류세를 부과해오고 있다. 특히 한국은 수송연료인 휘발유와 수송경유 소비자 가격에서 세금의 비중이 49~59%를 차지하고 있어 OECD 국가 중에서는 중간 정도에 해당하는 유류세 비중을 차지하고 있다. 일본은 종량세인 유류세와 종가세인 소비세를 포함해 휘발유와 수

송경유 소비자 가격에서 세금이 차지하는 비중이 35~48% 수준이다. 이는 OECD 국가들의 전반적인 수준과 특히 한국과 비교해서도 낮은 수준에 속한다고 하겠다.

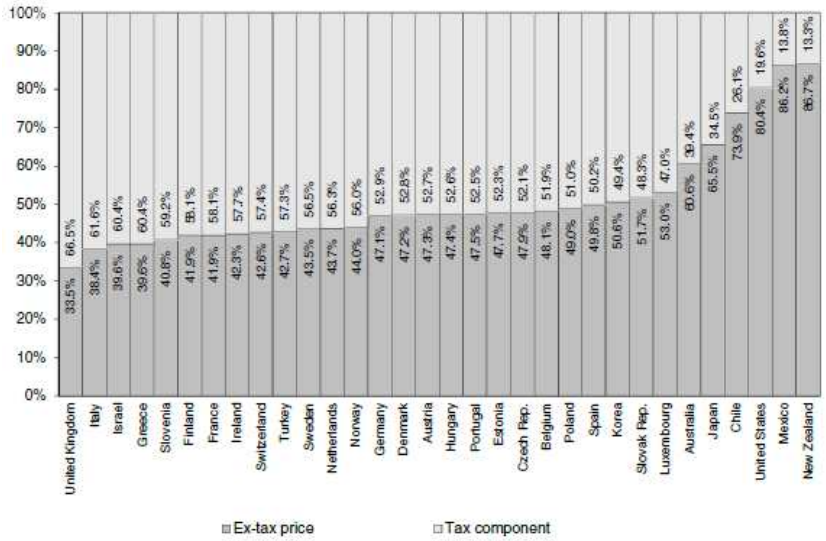
반면, 중국과 인도는 2000년대 이전까지 정부가 보조를 통해 자국 내 석유류 가격을 국제 시장가격보다 낮은 수준으로 통제해 오다가 2000년 전후로 석유류 가격에 대한 보조금 삭감 논의 및 이행이 이루어져 최근에서야 국제 시장과의 가격 연동에 큰 진전을 나타내고 있는 상황에 있다. 그럼에도 불구하고 양국은 정부가 주요 석유제품 가격을 결정하는 방식을 여전히 고수하고 있다. 중국의 경우 주요 수송연료에 대한 가격 체계가 10거래일 기준으로 기준 국제 원유가가 배럴 당 1달러 이상 변할 때 국내 유류 가격을 변동시키는 방식으로 여전히 경직적인 구조를 가지고 있으며, 인도 역시 정치적으로 민감한 수송경유 가격을 선거철에는 인상하지 않는 등 정치적 개입 구조를 가진다. 이러한 차원에서 중국과 인도의 석유수요와 관련한 석유안보 정책은 한국이나 일본과 비교해 정부에 의해 제대로 뒷받침되지 못하고 있다.

[그림 2] OECD 회원국들의 무연 휘발유 가격에서 세금의 비중



자료: IEA, Energy Prices and Taxes, 2nd Quarter 2015, pp. 22

[그림 3] OECD 회원국들의 수송 경유에서 세금의 비중



자료: IEA, Energy Prices and Taxes, 2nd Quarter 2015, pp. 23

이와 같이 아시아 주요 석유수입국들의 석유안보와 관련된 정책은 석유수급 변화와 국제 석유시장의 환경에 따라 조금씩 달라져 왔다. 그러나 이러한 정책의 변화가 궁극적으로 역내 석유안보에 기여할 것인가에 대해서는 명확하게 확신하기 어렵다. 이러한 질문에 부분적이나 해답을 제시하기 위해 다음 장에서는 석유안보를 추구하는 석유수입국들을 가정해 대표적인 석유 정책이라 할 수 있는 석유비축과 유류세 정책이 어떻게 움직여야 하는지를 게임이론에 기반에 이론적으로 고찰해보고자 한다.

Ⅲ. 석유안보 전략의 이론적 분석

1. 선행연구

석유안보와 관련한 연구들은 그동안 수없이 진행되어 왔다. 하지만 이 중에서 석유안보를 정량화하여 이를 수리적 접근법을 통해 석유안보를 강화하기 위한 최적 전략을 찾는 연구는 제한적이다. 이러한 연구들을 구체적으로 살펴보면 대부분 석유안보 방안으로서 공급차질이 발생하는 비상시를 감안해 경제적 손실을 최소화하거나 사회후생을 극대화할 수 있는 전략비축유 또는 석유관세의 최적 수준을 찾는데 초점을 맞추고 있다. Teisberg(1981)는 확률적 동적계획법(Stochastic Dynamic Programming)을 이용해 미국의 최적 석유 전략비축 및 방출량과 석유수입 관세의 활용 방안을 제시하였다. 여기서는 미국의 석유소비 및 전략비축유 구매가 국제 유가에 영향을 미치는 것으로 보고 세계 원유공급 차질로 인해 발생할 수 있는 미국의 기간별 사회후생 손실의 현재가치 총합을 최소화하는데 전략의 목적을 두고 있다. 분석결과에 따르면 전략비축 정책만을 도입하는 것보다 석유 관세를 함께 활용하는 것이 효과적이며, 주변 석유소비국들과 석유 관세 부과를 협력하여 결정할 때 효과가 배가된다고 결론을 내리고 있다. Murphy et al.(1985) 역시 확률적 동적계획법을 이용해 석유안보를 위한 석유 전략비축 및 소비 관리 정책을 도출하고자 하였다. 하지만 여기서는 석유안보의 개념을 기간별 사회후생의 현재가치 총합을 극대화하는 것으로 정의했으며, 각 기간별 최적 석유비축량을 결정하는데 분석의 초점을 두었다. 그리고 국가들 간의 비협조 게임 상황을 반영해 석유비축에 대한 동태적 내쉬균형을 찾는 것을 시도했으며 Devarajan et al.(1983)과 Gibson(1984)과 마찬가지로 협력적인 석유비축 상황도 고려하였

다. 여기서도 마찬가지로 석유수입 관세에 공동으로 협력하는 것이 석유안보에서 중요하며 석유비축에 대한 협력은 효과가 크지 않지만 모형의 한계성을 고려하면 협력의 필요성이 있다고 결론 내리고 있다. 다만 이 연구는 IEA회원국들을 대상으로 수행된 것으로 1983년 이전에 IEA 내에서 석유순수출국(영국, 노르웨이 등)이 상당한 비중을 가지고 있었던 만큼 최근의 상황과는 많이 다르다고 볼 수 있다. Murphy et al.(1989)에서는 확률적 동적계획법 하에서 내쉬 게임을 이용해 정부와 민간 석유비축의 상호관계를 분석하였다. 이 연구가 이전 연구들과 다른 점은 이전 동적계획법 연구들이 한정된 기간을 가정한데 반해 여기서는 무한한(infinite) 기간을 전제로 모형이 전개된다는 것이다. 이러한 전제 조건들 하에서 분석된 결과는 석유관세를 부과할 때 석유비축량이 더 많아지는 것이 석유안보 증대에 도움이 되며, 민간 석유비축이 존재할 때 정부의 석유비축유 방출이 민간 석유기업의 투기용도로 이용될 가능성을 보여준다.

이렇듯 기존의 연구들이 석유안보를 위한 석유비축과 관세 활용 전략을 도출하는데 주안점을 두고 있지만 대부분 기간별 최적 석유비축량의 흐름을 보여주고 있을 뿐 석유비축이나 관세(또는 조세)가 시장의 제반요소들에 대해 어떻게 반응해야하는지를 제시하고 있지는 않다. Murphy et al.(1989)이 공급곡선의 기울기가 가파르면 전략비축량이 증가해야함을 지적한 정도에 그치고 있다. 따라서 본 연구에서는 아시아 석유시장 상황을 고려하여 석유수입국들 간의 비협력 및 협력 석유안보 전략게임에서 내쉬균형을 도출하고, 그러한 내쉬균형에서 각 국의 최적 석유비축량과 유류세가 여러 가지 시장 요인들에 어떻게 의존하는지를 분석하고자 한다.

2. 모형 설정

본 절에서는 석유를 수입에 의존하는 두 국가가 각 국의 석유안보를 위해

석유비축과 유류세와 같은 정책을 어떻게 결정해야 하는지를 게임이론을 통해 규명하고자 한다.[2] 먼저 두 국가가 비협력적으로 자국의 석유안보 관련 정책을 결정하는 모형을 설정하여 제시하고, 그 다음에 두 국가가 협력하여 공동의 석유안보를 극대화하기 위해 관련 정책을 어떻게 조율할 것인가에 대한 모형을 설정하여 분석할 것이다. 이를 통해 양국의 석유안보 정책이 서로 어떻게 상호작용하는지를 알 수 있으며 협력을 통해 조정된 정책은 비협력 게임에서 도출된 정책과 어떻게 달라질지를 가늠해 볼 수 있을 것이다.

이렇게 비협력 정책 결정 상황과 협력적 정책 결정 상황을 동시에 다루고 있는 것은 아시아 주요국들이 석유안보와 관련해 개별적으로 대응하고 있는 현실적인 상황과 Shin & Savage(2011)와 류지철(2011) 등에서 피력되고 있는 아시아 지역의 에너지안보 협력방안들을 함께 고려하고자 하기 때문이다.

1) 비협력 게임

본 모형은 2기 모형을 상정한다. 1기는 국제 석유공급이 정상적으로 이루어지고 있는 상태이고 2기는 국제 석유공급에 부정적인 충격이 발생할 확률이 있는 기간으로 국제 석유공급이 정상적으로 이루어지지 않을 가능성이 있는 상태이다. α는 2기에서 국제 석유공급에 부정적인 충격이 발생할 확률을 나타내고 $1-\alpha$는 2기에서 국제 석유공급에 부정적인 충격이 발생하지 않고 국제 석유공급이 정상적으로 이루어질 확률을 나타낸다. 즉 α는 국제 석유공급이 1기에 정상적으로 나타나는 상황에서 다음 기에 국제 석유공급에 부정적인 충격이 발생할 확률을 나타내고 $1-\alpha$는 국제 석유공급이 1기에 정상적으로 나타나는 상황에서 다음 기에 여전히 국제 석유공급이 정상적으로 나타날 확률을 의미한다. 따라서 국제 석유공급의 과정은 first-order Markov Process

2) 유류세의 부과목적이 석유수요의 관리 외에도 환경오염 등 부정적 외부효과의 내부화(internalization)와 교통 인프라를 위한 재정충당 등에도 있으나 본 연구에서는 석유안보 정책으로서의 유류세의 역할을 분석하는데 초점을 맞추고자 한다.

를 따른다. 이 모형을 이용하여 먼저 비협력 게임을 고려한다. 국가 또는 국가들을 나타내는 두 경기자가 자신의 석유비축량과 유류세 수준을 국가 간 협력이 없는 상태에서 전략적으로 결정하는 것을 의미한다.

석유안보에 대한 개념은 Murphy et al.(1985)을 포함한 관련 연구들에서 나타나는 것과 마찬가지로 여기서도 석유의 적절한 수급을 통해 사회후생을 극대화하는 것으로 정의한다.[3] 두 국가가 1기에 자국의 석유안보를 위해 자국의 석유비축량과 유류세 수준을 전략적으로 결정하는 상황을 고려한다. 즉 1기에 자국 석유 소비로부터 얻는 사회후생에서 2기의 공급충격을 대비한 석유비축에 대한 비용과 그것의 저장비용을 제외한 순 사회후생과 2기에 비축량을 국내가격에 자국에 공급하여 자국 석유소비로부터 얻는 사회후생을 현재가치로 할인한 값의 합을 극대화하는 석유비축량과 유류세 수준을 전략적으로 결정하는 것을 의미한다. 경기자를 나타내는 각 국은 변수 j $(j=1,2)$로 표시한다.

1기에 석유에 대한 국제시장 균형을 나타내는 식은 다음과 같다:

$$S(P)=D_1(P_1)+D_2(P_2)+D_{ROW}(P)+s_1+s_2. \qquad (1)$$

여기서 $S(P)$는 1기의 국제 균형가격 P에서 국제 석유공급량, $D_1(P_1)$은 1국의 유류세 (t_1)을 포함한 1국의 균형가격 $P_1=P+t_1$에서 1국의 석유수요량, $D_2(P_2)$는 2국의 유류세 (t_2)를 포함한 2국의 균형가격 $P_2=P+t_2$에서 2국의 석유수요량, $D_{ROW}(P)$는 국제 균형가격 P에서 1국과 2국을 제외한 나머지 국가의 석유수요량, s_1은 1국의 석유비축량, 그리고 s_2는 2국의 석유비축량을 나타낸다.[4] 식 (1)은 석유비축량 s_1과 s_2, 그리고 유류세 t_1과 t_2의 함

3) Bohi et al.(1996)에서는 에너지안보를 "에너지공급 및 에너지가격 변동에 따른 경제후생의 손실이나 충격 정도가 작은 상태"로 정의하였다.

4) 여기서 유류세는 기본적으로 수입관세를 의미하는 개념으로 정의된다. 하지만 국내 석유 가격이 유류세의 크기만큼 상승하고 국내 정부는 유류세의 크기와 그에 따른 국내가격에 상응하는 수입이 생기게 되므로 유류세는 다른 한편 소비세로 해석할 수도 있다.

수로서 국제 균형가격 P를 정의한다. 국제 석유공급이 정상적으로 이루어지는 1기에 j국의 순 사회후생과 세계시장 균형조건은 다음과 같다:

$$W_j = F_j(P_j) - P[D_j(P_j) + s_j] - C_j(s_j)$$
$$S(P) = D_1(P_1) + D_2(P_2) + D_{ROW}(P) + s_1 + s_2. \quad (2)$$

여기서 $F_j(P_j)$는 1기에서 j국의 수요곡선 아래 영역 그리고 $C_j(s_j)$는 j국이 s_j만큼 석유비축을 했을 때 발생하는 저장에 대한 총비용을 나타내는 j국의 총비용함수이다.

2기에 석유에 대한 국제시장 균형을 나타내는 식은 두 가지 경우를 고려해야 한다. 첫 번째 경우는 2기에 국제 석유공급에 부정적인 충격이 발생한 상황으로 이 경우 석유에 대한 국제시장 균형을 나타내는 식은 다음과 같다:

$$S^*(P^*) = \left[D_1^*(P_1^*) - s_1\right] + \left[D_2^*(P_2^*) - s_2\right] + D_{ROW}^*(P^*). \quad (3)$$

여기서 $S^*(P^*)$는 공급충격을 반영한 석유공급함수로서 2기의 국제 균형가격 P^*에서 국제 석유공급량, $D_1^*(P_1^*)$은 1국의 유류세 (t_1)을 포함한 1국의 균형가격 $P_1^* = P^* + t_1$에서 1국의 석유수요량, $D_2^*(P_2^*)$는 2국의 유류세 (t_2)를 포함한 2국의 균형가격 $P_2^* = P^* + t_2$에서 2국의 석유수요량, $D_{ROW}^*(P^*)$는 국제 균형가격 P^*에서 1국과 2국을 제외한 나머지 국가의 석유수요량, s_1은 1국의 석유비축량, 그리고 s_2는 2국의 석유비축량을 나타낸다. 식 (3)은 석유비축량 s_1과 s_2, 그리고 유류세 t_1과 t_2의 함수로서 국제 균형가격 P^*를 정의한다. α의 확률로 국제 석유공급에 부정적인 충격이 발생한 2기에 j국의 순 사회후생과 세계시장 균형조건은 다음과 같다:

$$W_j^* = F_j^*(P_j^*) - P^*\left[D_j^*(P_j^*) - s_j\right]$$
$$S^*(P^*) = \left[D_1^*(P_1^*) - s_1\right] + \left[D_2^*(P_2^*) - s_2\right] + D_{ROW}^*(P^*). \quad (4)$$

두 번째 경우는 2기에 국제 석유공급이 1기와 마찬가지로 정상적으로 이루어지는 상황으로 이 경우 석유에 대한 국제시장 균형을 나타내는 식은 다음과 같다:

$$S^{**}(P^{**}) = \left[D_1^{**}(P_1^{**}) - s_1\right] + \left[D_2^{**}(P_2^{**}) - s_2\right] + D_{ROW}^{**}(P^{**}). \quad (5)$$

여기서 $S^{**}(P^{**})$는 1기와 마찬가지로 국제 석유공급이 정상적으로 이루어지고 있는 상태로서 2기의 국제 균형가격 P^{**}에서 국제 석유공급량, $D_1^{**}(P_1^{**})$은 1국의 유류세 (t_1)을 포함한 1국의 균형가격 $P_1^{**} = P^{**} + t_1$에서 1국의 석유수요량, $D_2^{**}(P_2^{**})$는 2국의 유류세 (t_2)를 포함한 2국의 균형가격 $P_2^{**} = P^{**} + t_2$에서 2국의 석유수요량, $D_{ROW}^{**}(P^{**})$는 국제 균형가격 P^{**}에서 1국과 2국을 제외한 나머지 국가의 석유수요량, s_1은 1국의 석유비축량, 그리고 s_2는 2국의 석유비축량을 나타낸다. 식 (5)는 석유비축량 s_1과 s_2, 그리고 유류세 t_1과 t_2의 함수로서 국제 균형가격 P^{**}를 정의한다. $1-\alpha$의 확률로 국제 석유공급이 정상적으로 이루어지는 2기에 j국의 순 사회후생과 세계시장 균형조건은 다음과 같다:

$$\begin{aligned} W_j^{**} &= F_j^{**}(P_j^{**}) - P^{**}\left[D_j^{**}(P_j^{**}) - s_j\right] \\ S^{**}(P^{**}) &= \left[D_1^{**}(P_1^{**}) - s_1\right] + \left[D_2^{**}(P_2^{**}) - s_2\right] + D_{ROW}^{**}(P^{**}). \end{aligned} \quad (6)$$

j국이 자신의 최적 석유비축량과 유류세 수준을 선택하는 방법은 다음과 같다. j국은 2기에 α의 확률로 국제 석유공급에 부정적인 충격이 발생하는 것을 고려한 상태에서 자신의 1기와 2기 사회후생의 합을 극대화하기 위해 1기에 자신의 최적 석유비축량과 유류세 수준을 선택하게 된다. 그리고 이 경우 다른 나라의 석유비축량과 유류세 수준은 주어진 것으로 본다. j국의 최적 석유비축량과 유류세 정책 문제는 다음과 같이 쓸 수 있다:

$$\max_{s_j,t_j} \{F_j(P_j) - P[D_j(P_j) + s_j] - C_j(s_j)\} + \beta_j \begin{Bmatrix} \alpha[F_j^*(P_j^*) - P^*[D_j^*(P_j^*) - s_j]] \\ +(1-\alpha)[F_j^{**}(P_j^{**}) - P^{**}[D_j^{**}(P_j^{**}) - s_j]] \end{Bmatrix}$$

$$\text{s.t. } S(P) = D_j(P_j) + D_i(P_i) + D_{ROW}(P) + s_j + s_i$$

$$S^*(P^*) = \left[D_j^*(P_j^*) - s_j\right] + \left[D_i^*(P_i^*) - s_i\right] + D_{ROW}^*(P^*)$$

$$S^{**}(P^{**}) = \left[D_j^{**}(P_j^{**}) - s_j\right] + \left[D_i^{**}(P_i^{**}) - s_i\right] + D_{ROW}^{**}(P^{**}),\ j \neq i. \quad (7)$$

여기서 β_j은 j국의 할인계수, α는 국제 석유공급이 1기에 정상적으로 나타나는 상황에서 2기에 국제 석유공급에 부정적인 충격이 발생할 확률, $1-\alpha$는 국제 석유공급이 1기에 정상적으로 나타나는 상황에서 2기에 여전히 국제 석유공급이 정상적으로 나타날 확률을 나타내고 다른 나라의 석유비축량 s_i와 유류세 수준 t_i는 주어진 것으로 본다.

1국의 최적 석유비축량과 유류세 정책 문제를 풀면 2국의 석유비축량, 1국의 유류세, 그리고 2국의 유류세에 대한 1국의 최적 석유비축량 반응함수 $s_1 = s_1(s_2, t_1, t_2)$와 1국의 석유비축량, 2국의 석유비축량, 그리고 2국의 유류세에 대한 1국의 최적 유류세 반응함수 $t_1 = t_1(s_1, s_2, t_2)$를 얻을 수 있고 2국의 최적 석유비축량과 유류세 정책 문제를 풀면 1국의 석유비축량, 1국의 유류세, 그리고 2국의 유류세에 대한 2국의 최적 석유비축량 반응함수 $s_2 = s_2(s_1, t_1, t_2)$와 1국의 석유비축량, 2국의 석유비축량, 그리고 1국의 유류세에 대한 2국의 최적 유류세 반응함수 $t_2 = t_2(s_1, s_2, t_1)$를 얻을 수 있다. 두 나라가 전략적으로 동시에 자국의 석유비축량과 유류세 수준을 결정하는 모형을 상정하고 있으므로 두 나라의 반응함수들을 연립하여 풀면 각 나라의 최적 석유비축량과 유류세 수준을 구할 수 있다.

2) 협력 게임

협력 게임에 대한 모형은 1국과 2국이 협력을 하여 두 나라의 석유비축량을 합한 전체 석유비축량과 두 나라에 공통으로 적용되는 유류세 수준을 결정하는 것을 고려한다. 1기와 2기의 상황 그리고 기본적인 가정들이 비협력 게임의 그것들과 동일하다고 가정하면 협력 게임에 대한 최적 전체 석유비축량과 공통 유류세 정책 문제는 다음과 같이 쓸 수 있다:

$$
\begin{aligned}
\max_{s,t}\ & \{F_1(P_1)-P[D_1(P_1)+\gamma s]-C_1(\gamma s)\} \\
& +\beta_1\left\{\begin{array}{l}\alpha\left[F_1^*(P_1^*)-P^*\left[D_1^*(P_1^*)-\gamma s\right]\right] \\ +(1-\alpha)\left[F_1^{**}(P_1^{**})-P^{**}\left[D_1^{**}(P_1^{**})-\gamma s\right]\right]\end{array}\right\} \\
& +\{F_2(P_2)-P[D_2(P_2)+(1-\gamma)s]-C_2((1-\gamma)s)\} \\
& +\beta_2\left\{\begin{array}{l}\alpha\left[F_2^*(P_2^*)-P^*\left[D_2^*(P_2^*)-(1-\gamma)s\right]\right] \\ +(1-\alpha)\left[F_2^{**}(P_2^{**})-P^{**}\left[D_2^{**}(P_2^{**})-(1-\gamma)s\right]\right]\end{array}\right\} \\
\text{s.t. } & S(P)=D_1(P_1)+D_2(P_2)+D_{ROW}(P)+s \\
& S^*(P^*)=\left[D_1^*(P_1^*)-\gamma s\right]+\left[D_2^*(P_2^*)-(1-\gamma)s\right]+D_{ROW}^*(P^*) \\
& S^{**}(P^{**})=\left[D_1^{**}(P_1^{**})-\gamma s\right]+\left[D_2^{**}(P_2^{**})-(1-\gamma)s\right]+D_{ROW}^{**}(P^{**}). \quad (8)
\end{aligned}
$$

여기서 1국은 전체 석유비축량 중 γ 비율만큼 비축하고 2국은 전체 석유비축량 중 $(1-\gamma)$ 비율만큼 비축한다고 가정하고 있다.[5] 이 문제를 풀면 1국과 2국의 석유비축량을 합한 최적 전체 석유비축량을 도출할 수 있고 각 나라의 개별 석유비축량도 구할 수 있다. 그리고 1국과 2국이 협력을 하는 상황에서 두 나라에 공통으로 적용되는 유류세 수준도 도출할 수 있다.

5) 양국이 협력적으로 석유를 비축하는 것은 공동 비축(joint stockpiling)과 같은 방법을 통해 가능하며 공동 비축유의 배분은 IEA에서 회원국들에게 석유비축을 의무화하는 방식과 마찬가지로 석유순수입량에 비례하여 설정할 수 있다.

Ⅳ. 선형함수와 최적 전략 도출

이 장에서는 선형함수를 고려하여 구체적으로 내쉬균형을 도출한다. 1기에 국제 석유공급이 정상적으로 나타나는 상황에서 국제 석유공급함수, 2기에 국제 석유공급에 부정적인 충격이 발생한 상황에서 국제 석유공급함수, 2기에 국제 석유공급이 정상적으로 나타나는 상황에서 국제 석유공급함수, 1국의 국내 석유수요함수, 2국의 국내 석유수요함수, 1국과 2국을 제외한 나머지 국가들의 석유수요함수, 그리고 각 나라의 석유저장에 대한 총비용함수를 아래와 같이 가정한다:

$S(P) = a + bP,\ a, b > 0$
$S^*(P^*) = a' + bP^*,\ 0 < a' < a,\ b > 0$
$S^{**}(P^{**}) = a + bP^{**},\ a, b > 0$
$D_1(P_1) = l_1 - m_1 P_1,\ l_1, m_1 > 0$
$D_2(P_2) = l_2 - m_2 P_2,\ l_2, m_2 > 0$
$D_{ROW}(P) = x - yP,\ x, y > 0$
$C_1(s_1) = c_1 s_1,\ c_1$은 1국의 일정한 한계저장비용
$C_2(s_2) = c_2 s_2,\ c_2$는 2국의 일정한 한계저장비용

1) 비협력 게임

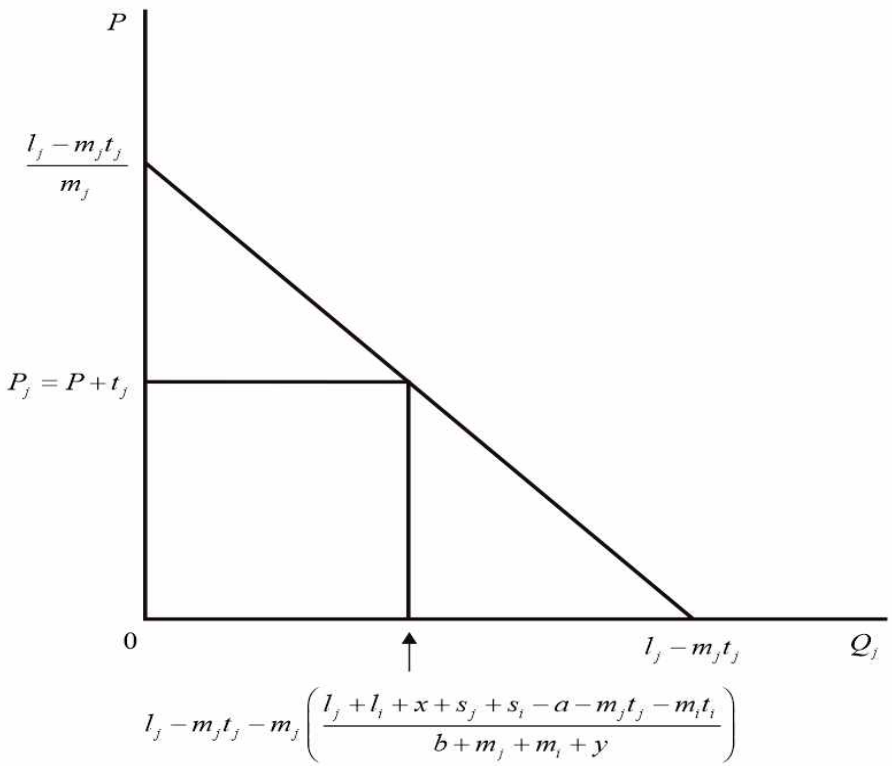
먼저 국제 석유공급이 정상적으로 이루어지고 있는 1기의 석유에 대한 국제 균형가격을 도출해 보자. 1기의 석유에 대한 국제 균형가격은 식 (1)을 만족해야 하므로 위에서 가정한 선형함수들을 대입하면 아래와 같은 석유의 국

제 균형가격을 구할 수 있다:

$$P = \frac{l_1 + l_2 + x + s_1 + s_2 - a - m_1 t_1 - m_2 t_2}{b + m_1 + m_2 + y} . \qquad (9)$$

이렇게 구한 1기의 석유에 대한 국제 균형가격을 $W_j = F_j(P_j) - P[D_j(P_j) + s_j] - c_j s_j$에 대입하면 j국의 1기 순 사회후생을 도출할 수 있다. j국의 1기 순 사회후생을 도출하는데 도움이 되는 [그림 3]과 구체적인 계산 결과는 아래와 같다.

[그림 3] 석유공급이 정상적인 1기의 j국 석유가격과 수요곡선



$$
\begin{aligned}
W_j = \frac{1}{2}\times & \left[\frac{l_j - m_j t_j}{m_j} - \frac{l_j + l_i + x + s_j + s_i - a - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y} - t_j\right] \\
& \times \left[l_j - m_j t_j - m_j\left(\frac{l_j + l_i + x + s_j + s_i - a - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y}\right)\right] \\
& + \left[\frac{l_j + l_i + x + s_j + s_i - a - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y} + t_j\right] \\
& \times \left[l_j - m_j t_j - m_j\left(\frac{l_j + l_i + x + s_j + s_i - a - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y}\right)\right] \\
& - \left[\frac{l_j + l_i + x + s_j + s_i - a - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y}\right] \\
& \times \left[l_j - m_j t_j - m_j\left(\frac{l_j + l_i + x + s_j + s_i - a - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y}\right) + s_j\right] \\
& - c_j s_j
\end{aligned}
$$

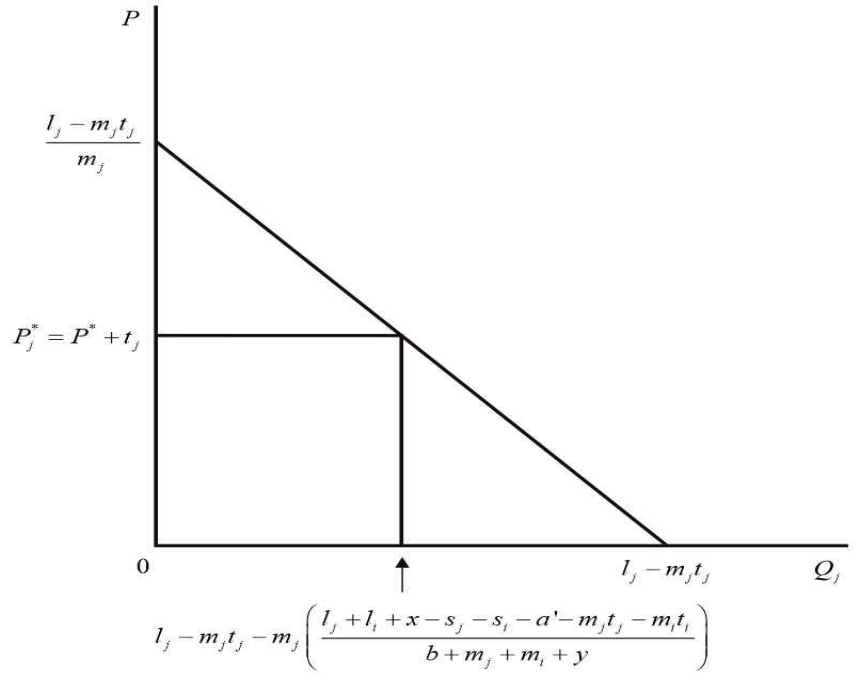
, $j \neq i$.

다음은 2기에 국제 석유공급에 부정적인 충격이 발생한 상황에서 나타나는 석유에 대한 국제 균형가격을 도출해 보자. 이 경우 석유에 대한 국제 균형가격은 식 (3)을 만족해야 하므로 위에서 가정한 선형함수들을 대입하면 아래와 같은 석유의 국제 균형가격을 구할 수 있다:

$$
P^* = \frac{l_1 + l_2 + x - s_1 - s_2 - a' - m_1 t_1 - m_2 t_2}{b + m_1 + m_2 + y}\,. \tag{10}
$$

이렇게 구한 2기의 석유에 대한 국제 균형가격을 $W_j^* = F_j^*(P_j^*) - P^*\left[D_j^*(P_j^*) - s_j\right]$에 대입하면 국제 석유공급에 부정적인 충격이 발생한 j국의 2기 순 사회후생을 도출할 수 있다. 이 경우 j국의 2기 순 사회후생을 도출하는데 도움이 되는 [그림 4]와 구체적인 계산 결과는 아래와 같다.

[그림 4] 공급충격이 발생한 2기의 j국 석유가격과 수요곡선



$$
\begin{aligned}
W_j^* = \frac{1}{2}\times & \left[\frac{l_j - m_j t_j}{m_j} - \frac{l_j + l_i + x - s_j - s_i - a' - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y} - t_j\right] \\
& \times \left[l_j - m_j t_j - m_j\left(\frac{l_j + l_i + x - s_j - s_i - a' - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y}\right)\right] \\
& + \left[\frac{l_j + l_i + x - s_j - s_i - a' - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y} + t_j\right] \\
& \times \left[l_j - m_j t_j - m_j\left(\frac{l_j + l_i + x - s_j - s_i - a' - m_j t_j - m_i t_i}{b + m + v + y}\right)\right] \\
& - \left[\frac{l_j + l_i + x - s_j - s_i - a' - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y}\right] \\
& \times \left[l_j - m_j t_j - m_j\left(\frac{l_j + l_i + x - s_j - s_i - a' - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y}\right) - s_j\right]
\end{aligned}
$$

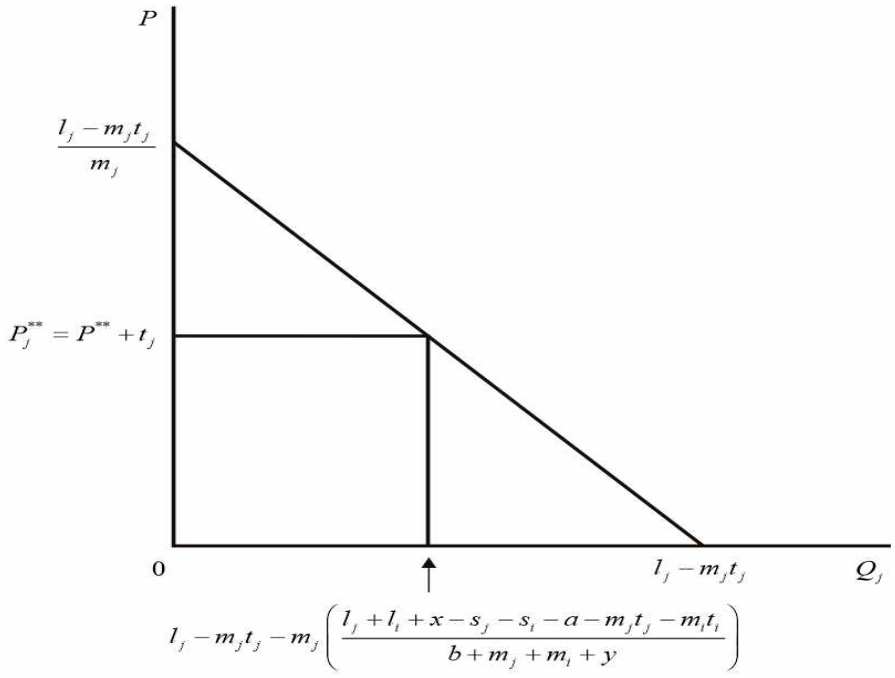
, $j \neq i$.

다음은 2기에 1기와 마찬가지로 국제 석유공급이 정상적으로 이루어지는 상황에서 나타나는 석유에 대한 국제 균형가격을 도출해 보자. 이 경우 석유에 대한 국제 균형가격은 식 (5)를 만족해야 하므로 위에서 가정한 선형함수들을 대입하면 아래와 같은 석유의 국제 균형가격을 구할 수 있다:

$$P^{**} = \frac{l_1 + l_2 + x - s_1 - s_2 - a - m_1 t_1 - m_2 t_2}{b + m_1 + m_2 + y}. \qquad (11)$$

이렇게 구한 2기의 석유에 대한 국제 균형가격을 $W_j^{**} = F_j^{**}(P_j^{**}) - P^{**}\left[D_j^{**}(P_j^{**}) - s_j\right]$에 대입하면 국제 석유공급이 정상적으로 이루어지는 상황에서 j국의 2기 순 사회후생을 도출할 수 있다. 이 경우 j국의 2기 순 사회후생을 도출하는데 도움이 되는 [그림 5]와 구체적인 계산 결과는 아래와 같다.

[그림 5] 석유공급이 정상적인 2기의 j국 석유가격과 수요곡선



$$W_j^{**} = \frac{1}{2}\times\left[\frac{l_j - m_j t_j}{m_j} - \frac{l_j + l_i + x - s_j - s_i - a - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y} - t_j\right]$$
$$\times\left[l_j - m_j t_j - m_j\left(\frac{l_j + l_i + x - s_j - s_i - a - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y}\right)\right]$$
$$+\left[\frac{l_j + l_i + x - s_j - s_i - a - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y} + t_j\right]$$
$$\times\left[l_j - m_j t_j - m_j\left(\frac{l_j + l_i + x - s_j - s_i - a - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y}\right)\right]$$
$$-\left[\frac{l_j + l_i + x - s_j - s_i - a - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y}\right]$$
$$\times\left[l_j - m_j t_j - m_j\left(\frac{l_j + l_i + x - s_j - s_i - a - m_j t_j - m_i t_i}{b + m_j + m_i + y}\right) - s_j\right]$$

, $j \neq i$.

j국의 최적 석유비축량 반응함수와 최적 유류세 반응함수를 도출하기 전에 너무 복잡한 식을 그럴듯한 가정 하에서 단순화할 필요가 있다. 다음과 같은 가정을 고려한다: $b = m_1 = m_2 = y$. 즉 국제 석유공급과 각 국의 석유수요는 국제 석유가격 1단위 변화에 대해 동일하게 반응한다.[6)]

식 (7)에서 설명한 것처럼 j국은 2기에 α의 확률로 국제 석유공급에 부정적인 충격이 발생하는 것을 고려한 상태에서 자신의 1기와 2기 사회후생의 합을 극대화하기 위해 1기에 자신의 최적 석유비축량과 최적 유류세 수준을 선택하는 문제를 고려한다. 다른 나라의 석유비축량과 유류세 수준을 주어진 것으로 보고 도출한 j국의 최적 석유비축량 반응함수와 최적 유류세 반응함수는 다음과 같다:

6) 물론, 수요와 공급의 가격 반응이 같다는 가정은 강한 가정이다. 본 논문은 이러한 단순한 가정 하에서 비협력 게임과 협력 게임의 주요 결과들이 도출되는 것을 보여주고 있다. 하지만 만약 수요와 공급의 가격 반응이 다른 경우, $b > m_1 = m_2 = y$ (공급의 가격 반응이 수요의 가격 반응보다 큰 경우) 가정과 $b < m_1 = m_2 = y$ (수요의 가격 반응이 공급의 가격 반응보다 큰 경우) 가정의 경우에도 loss of generality 없이 동일한 결과가 도출된다. 따라서 본 논문의 결과는 이러한 단순 가정 외에 더 일반적인 경우에도 성립한다.

$$s_j = \frac{3(1-\beta_j+\beta_j\alpha)a-16bc_j-7(1-\beta_j)l_j-3\beta_j\alpha a'-3(1+\beta_j)s_i}{7(1+\beta_j)} + \frac{5b(1-\beta_j)t_j+3b(1-\beta_j)t_i-3(1-\beta_j)l_i-3(1-\beta_j)x}{7(1+\beta_j)}$$

$$t_j = \frac{(\beta_j\alpha-1-\beta_j)a-3(1+\beta_j)l_j-\beta_j\alpha a'+5(1-\beta_j)s_j+(1-\beta_j)s_i}{3b(1+\beta_j)} + \frac{-b(1+\beta_j)t_i+(1+\beta_j)l_i+(1+\beta_j)x}{3b(1+\beta_j)}$$

, $j \neq i$.

두 나라가 전략적으로 동시에 자국의 석유비축량과 유류세 수준을 결정하는 모형을 상정하고 있으므로 위에서 도출한 1국과 2국의 최적 석유비축량 반응함수와 최적 유류세 반응함수를 모두 연립하여 풀면 내쉬균형에서 각 나라의 최적 석유비축량과 최적 유류세 수준을 구할 수 있다.[7] 내쉬균형의 결과를 이용해 $l_j, a', a, x, c_j, c_i, l_i, \alpha$에 대해 j국 석유비축량의 정태분석 결과를 <표 4>에 정리하였다. β는 할인계수로서 현실적으로 0.5 이상의 값으로 가정한다.

7) 부록 참조

<표 4> 비협력 게임 내쉬균형에서 j국 석유비축량의 정태분석, $j \neq i$

	부호	조건
$\frac{\partial s_j}{\partial l_j}$	(−)	$\beta_1 = \beta_2$
$\frac{\partial s_j}{\partial a'}$	(−)	
$\frac{\partial s_j}{\partial a}$	(+)	
$\frac{\partial s_j}{\partial x}$	(−)	
$\frac{\partial s_j}{\partial c_j}$	(−)	
$\frac{\partial s_j}{\partial c_i}$	(+)	
$\frac{\partial s_j}{\partial l_i}$	(−)	
$\frac{\partial s_j}{\partial \alpha}$	(+)	

j국의 석유비축량에 대해 설명하면 다음과 같다. 첫째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 수요에 대한 자국의 시장크기가 클수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 석유비축량을 줄인다. 둘째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 2기의 공급충격의 정도가 높을수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 석유비축량을 늘린다. 셋째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 정상적인 상태에서 국제 석유공급이 클수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 석유비축량을 늘린다. 넷째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 1국과 2국을 제외한 나머지 국가들의 수요에 대한 시장크기가 클수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 석유비축량을 줄인다. 다섯째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 자국의 일정한 석유저장 한계비용이 클수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 석유비축량을 줄인다. 여섯째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 i국의

일정한 석유저장 한계비용이 클수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 석유비축량을 늘린다. 일곱째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 수요에 대한 i국의 시장크기가 클수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 석유비축량을 줄인다. 여덟째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 2기에 공급충격이 발생할 확률이 높을수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 석유비축량을 늘린다. 이러한 내용은 아래와 같이 명제 1로 정리할 수 있다.

명제 1. 선형의 수요와 공급함수, 일정한 한계저장비용, 그리고 $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 수요에 대한 자국의 시장크기가 작을수록, 2기의 공급충격의 정도가 높을수록, 정상적인 상태에서 국제 석유공급이 클수록, 1국과 2국을 제외한 나머지 국가들의 수요에 대한 시장크기가 작을수록, 자국의 일정한 석유저장 한계비용이 작을수록, $i(\neq j)$국의 일정한 석유저장 한계비용이 클수록, 수요에 대한 $i(\neq j)$국의 시장크기가 작을수록, 그리고 2기에 공급충격이 발생할 확률이 높을수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 석유비축량을 늘린다. 그리고 그 역도 성립한다.

명제 1을 좀 더 설명하면 다음과 같다. 단순하지만 현실적인 여러 가지 가정 하에서 한 국가의 전략적인 석유 비축량 선택은 많은 변수들에 의해 영향을 받는다. 그 중 자국의 수요에 대한 시장크기, 전략적 상대국의 수요에 대한 시장크기, 자국과 전략적 상대국을 제외한 나머지 국가들의 수요에 대한 시장크기, 그리고 자국의 일정한 석유저장 한계비용에 대해서는 역의 상관관계가 있고, 2기의 공급충격의 정도, 정상적인 상태에서 국제 석유공급의 크기, 전략적 상대국의 일정한 석유저장 한계비용, 그리고 2기에 공급충격이 발생할 확률에 대해서는 정의 상관관계가 있다.

내쉬균형의 결과를 이용해 $l_j, a', a, x, c_j, c_i, l_i, \alpha$에 대해 j국 유류세의 정태분석 결과를 표 5에 정리하였다. β는 할인계수로서 현실적으로 0.5 이상의 값으로 가정한다.

<표 5> 비협력 게임 내쉬균형에서 j국 유류세의 정태분석, $j \neq i$

	부호	조건
$\frac{\partial t_j}{\partial l_j}$	$(-)$	$\beta_1 = \beta_2$
$\frac{\partial t_j}{\partial a'}$	$(-)$	
$\frac{\partial t_j}{\partial a}$	$(-)$	
$\frac{\partial t_j}{\partial x}$	$(+)$	
$\frac{\partial t_j}{\partial c_j}$	$(-)$	
$\frac{\partial t_j}{\partial c_i}$	$(+)$	
$\frac{\partial t_j}{\partial l_i}$	$(+)$	
$\frac{\partial t_j}{\partial \alpha}$	$(+)$	

j국의 유류세에 대해 설명하면 다음과 같다. 첫째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 수요에 대한 자국의 시장크기가 클수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 유류세 수준을 낮춘다. 둘째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 2기의 공급충격의 정도가 높을수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 유류세 수준을 높인다. 셋째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 정상적인 상태에서 국제 석유공급이 클수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 유류세 수준을 낮춘다. 넷째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 1국과 2국을 제외한 나머지 국가들의 수요에 대한 시장크기가 클수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 유류세 수준을 높인다. 다섯째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 자국의 일정한 석유저장 한계비용이 클수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 유류세 수준을 낮춘다. 여섯째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 i국

의 일정한 석유저장 한계비용이 클수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 유류세 수준을 높인다. 일곱째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 수요에 대한 i국의 시장크기가 클수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 유류세 수준을 높인다. 여덟째, $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 2기에 공급충격이 발생할 확률이 높을수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 유류세 수준을 높인다. 이러한 내용은 아래와 같이 명제 2로 정리할 수 있다.

명제 2. 선형의 수요와 공급함수, 일정한 한계저장비용, 그리고 $\beta_1 = \beta_2$ 조건 하에서 j국은 수요에 대한 자국의 시장크기가 클수록, 2기의 공급충격의 정도가 낮을수록, 정상적인 상태에서 국제 석유공급이 클수록, 1국과 2국을 제외한 나머지 국가들의 수요에 대한 시장크기가 작을수록, 자국의 일정한 석유저장 한계비용이 클수록, $i(\neq j)$국의 일정한 석유저장 한계비용이 작을수록, 수요에 대한 $i(\neq j)$국의 시장크기가 작을수록, 그리고 2기에 공급충격이 발생할 확률이 낮을수록 전략적 상황에서 1기에 자국의 유류세 수준을 낮춘다. 그리고 그 역도 성립한다.

명제 2를 좀 더 설명하면 다음과 같다. 단순하지만 현실적인 여러 가지 가정하에서 한 국가의 전략적인 유류세 선택은 많은 변수들에 의해 영향을 받는다. 그 중 자국의 수요에 대한 시장크기, 정상적인 상태에서 국제 석유공급의 크기, 그리고 자국의 일정한 석유저장 한계비용에 대해서는 역의 상관관계가 있고, 2기의 공급충격의 정도, 전략적 상대국의 수요에 대한 시장크기, 자국과 전략적 상대국을 제외한 나머지 국가들의 수요에 대한 시장크기, 전략적 상대국의 일정한 석유저장 한계비용, 그리고 2기에 공급충격이 발생할 확률에 대해서는 정의 상관관계가 있다.

2) 협력 게임

협력 게임은 1기와 2기의 상황 그리고 기본적인 가정들이 비협력 게임의 그것들과 동일한 상황에서 1국과 2국의 1기와 2기 순 후생을 모두 합한 전체 후생을 극대화하기 위해 1국과 2국의 석유비축량을 합한 전체 석유비축량과 두 나라에 공통으로 적용되는 유류세 수준을 1기에 결정하는 것을 의미한다. $\beta_1 = \beta_2 = \beta$라고 가정하고 위에서 가정한 선형함수들을 식 (8)에 대입하여 전체 석유비축량과 공통 유류세 수준에 대해 일계조건을 구하면 다음과 같다:

$$s = \frac{(1+\beta\alpha-\beta)a-\beta\alpha a' - 8b\gamma c_1 - 8b(1-\gamma)c_2}{3(1+\beta)} + \frac{-3(1-\beta)l_1 - 3(1-\beta)l_2 - (1-\beta)x + 4b(1-\beta)t}{3(1+\beta)}$$

$$t = \frac{(1-\beta)s}{(1+\beta)b}.$$

여기서 1국은 전체 석유비축량 중 γ 비율만큼 비축하고 2국은 전체 석유비축량 중 $(1-\gamma)$ 비율만큼 비축한다고 가정하고 있다. 따라서 최적 전체 석유비축량 s 중 γs는 1국의 최적 석유비축량이고 $(1-\gamma)s$는 2국의 최적 석유비축량을 의미한다. 현실적인 의미를 부여하기 위해 $c_1 = c_2 = c$라고 가정하고 위 두 개의 방정식을 연립하여 풀면 최적 전체 석유비축량과 공통 유류세 수준을 아래와 같이 도출할 수 있다:

$$s = -\frac{(1+\beta)\left[a-8bc-3(l_1+l_2)-x-\beta\left[a(1-\alpha)+a'\alpha-3(l_1+l_2)-x\right]\right]}{1+\beta(\beta-14)}$$

$$t = -\frac{(1-\beta)\left[a-8bc-3(l_1+l_2)-x-\beta\left[a(1-\alpha)+a'\alpha-3(l_1+l_2)-x\right]\right]}{b\left[1+\beta(\beta-14)\right]}$$

비협력 게임의 최적 전체 석유비축량 $s^n = s_1 + s_2$을 계산하고 협력 게임의

최적 전체 석유비축량 s^c를 고려하여 $s^n - s^c$를 계산하면 다음과 같다:

$$s^n - s^c = \frac{4l_1(1-8\beta+8\beta^3-\beta^4)+4l_2(1-8\beta+8\beta^3-\beta^4)}{[(1+\beta(\beta-22))(1+\beta(\beta-14))]} + \frac{8a\beta(\beta^2-1)+8bc(1+\beta)[1+\beta(\beta-6)]}{[(1+\beta(\beta-22))(1+\beta(\beta-14))]} + \frac{8x\beta(1-\beta^2)-4\alpha(a-a')\beta(1-12\beta+3\beta^2)}{[(1+\beta(\beta-22))(1+\beta(\beta-14))]}$$

β는 할인계수로서 현실적으로 0.5 이상의 값으로 가정한다. 그러면 분모의 값은 양수가 된다. 그리고 분자의 경우 앞의 네 항의 값의 부호는 음이고 다음 두 항의 값의 부호는 양으로서 서로 간의 비교를 통해 전체 부호가 결정된다. 먼저 분자의 값을 2기에 석유공급에 부정적인 충격이 발생할 확률 α에 초점을 맞추어 설명하면 다음과 같다. 다른 변수들의 값이 일정하게 주어져 있는 상태에서 만약 α가 $s^n > s^c$를 만족시킬 정도로 충분히 크다면 비협력 게임의 균형에서 도출된 전체 석유비축량 수준이 협력 게임의 균형에서 도출된 전체 석유비축량 수준보다 크고 만약 α가 $s^n < s^c$를 만족시킬 정도로 충분히 작다면 비협력 게임의 균형에서 도출된 전체 석유비축량 수준이 협력 게임의 균형에서 도출된 전체 석유비축량 수준보다 작다는 것을 의미한다. 그리고 분자의 값을 1국과 2국의 동일하고 일정한 한계저장비용 c에 초점을 맞추어 설명하면 다음과 같다. 다른 변수들의 값이 일정하게 주어져 있는 상태에서 만약 c가 $s^n > s^c$를 만족시킬 정도로 충분히 작다면 비협력 게임의 균형에서 도출된 전체 석유비축량 수준이 협력 게임의 균형에서 도출된 전체 석유비축량 수준보다 크고 만약 c가 $s^n < s^c$를 만족시킬 정도로 충분히 크다면 비협력 게임의 균형에서 도출된 전체 석유비축량 수준이 협력 게임의 균형에서 도출된 전체 석유비축량 수준보다 작다는 것을 의미한다. 이러한 분석에서 우리는 다른 변수들의 값이 일정하게 주어져 있는 상태에서 α 또는 c의 수준에 따라 협력 게임의 균형에서 도출된 1국과 2국의 후생을 합한 전체 후생 수준이 비협력 게임의 균형에서 도출된 그것보다 높음에도 불구하고 비

협력 게임의 균형에서 도출된 1국과 2국의 석유비축량을 합한 전체 석유비축량이 협력 게임의 균형에서 도출된 그것보다 크거나 작게 나타날 수 있다는 것을 알 수 있다.[8] 이런 상황에서는 α 또는 c의 수준에 따라 두 나라가 협력하지 않고 각 국의 석유비축량을 결정하는 것보다 두 나라가 협력하여 전체 석유비축량을 늘리거나 줄여서 각 국의 후생 수준이 협력하지 않는 경우보다 더 크게 되는 각 국의 석유비축량을 결정하는 것이 더 현명하다는 것을 의미한다.

비협력 게임 1기에 결정하는 j국의 최적 유류세 수준 t_j^n에서 협력 게임 1기에 결정하는 1국과 2국의 최적 공통 유류세 수준 t^c를 차감하여 계산하면 다음과 같다:

$$
\begin{aligned}
t_j^n - t^c = & \frac{l_j\left(40\beta - 317\beta^2 - 44\beta^3 - 317\beta^4 + 40\beta^5 - \beta^6 - 1\right)}{2b\beta\left[1+\beta(\beta-22)\right]\left[1+\beta(\beta-14)\right]} \\
& + \frac{-6a\beta^2\left(\beta^2+18\beta+1\right)+\alpha(a-a')\beta^2\left(11\beta^2+54\beta-5\right)}{2b\beta\left[1+\beta(\beta-22)\right]\left[1+\beta(\beta-14)\right]} \\
& + \frac{l_i\left(1-32\beta+305\beta^2-188\beta^3+305\beta^4-32\beta^5+\beta^6\right)}{2b\beta\left[1+\beta(\beta-22)\right]\left[1+\beta(\beta-14)\right]} \\
& + \frac{6x\beta^2\left(1+18\beta+\beta^2\right)+8bc\beta\left(1+\beta-\beta^2-\beta^3\right)}{2b\beta\left[1+\beta(\beta-22)\right]\left[1+\beta(\beta-14)\right]}
\end{aligned}
$$

β는 할인계수로서 현실적으로 0.5 이상의 값으로 가정한다. 그러면 분모의 값은 양수가 된다. 그리고 분자의 경우 앞의 두 항의 값의 부호는 음이고 다음 네 항의 값의 부호는 양으로서 서로 간의 비교를 통해 전체 부호가 결정된다. 먼저 분자의 값을 2기에 석유공급에 부정적인 충격이 발생할 확률 α에 초점을 맞추어 설명하면 다음과 같다. 다른 변수들의 값이 일정하게 주어져 있는 상태에서 만약 α가 $t_j^n > t^c$를 만족시킬 정도로 충분히 크다면 비협력 게임의 균형에서 도출된 j국의 유류세 수준이 협력 게임의 균형에서 도출된

8) 협력 게임은 1국과 2국의 후생을 합한 전체 후생 수준을 독점적으로 결정하는 상황인 반면, 비협력 게임은 1국과 2국의 후생을 각각 결정하는 과점적 상황이다.

공통 유류세 수준보다 크고 만약 α가 $t_j^n < t^c$를 만족시킬 정도로 충분히 작다면 비협력 게임의 균형에서 도출된 j국의 유류세 수준이 협력 게임의 균형에서 도출된 공통 유류세 수준보다 작다는 것을 의미한다. 그리고 분자의 값을 1국과 2국의 동일하고 일정한 한계저장비용 c에 초점을 맞추어 설명하면 다음과 같다. 다른 변수들의 값이 일정하게 주어져 있는 상태에서 만약 c가 $t_j^n > t^c$를 만족시킬 정도로 충분히 크다면 비협력 게임의 균형에서 도출된 j국의 유류세 수준이 협력 게임의 균형에서 도출된 공통 유류세 수준보다 크고 만약 c가 $t_j^n < t^c$를 만족시킬 정도로 충분히 작다면 비협력 게임의 균형에서 도출된 j국의 유류세 수준이 협력 게임의 균형에서 도출된 공통 유류세 수준보다 작다는 것을 의미한다. 이러한 분석에서 우리는 다른 변수들의 값이 일정하게 주어져 있는 상태에서 α 또는 c의 수준에 따라 협력 게임의 균형에서 도출된 1국과 2국의 후생을 합한 전체 후생 수준이 비협력 게임의 균형에서 도출된 그것보다 높음에도 불구하고 비협력 게임의 균형에서 도출된 j국의 유류세 수준이 협력 게임의 균형에서 도출된 공통 유류세 수준보다 크거나 작게 나타날 수 있다는 것을 알 수 있다. 이런 상황에서는 α 또는 c의 수준에 따라 두 나라가 협력하지 않고 각 국의 유류세 수준을 결정하는 것보다 두 나라가 협력하여 공통 유류세 수준을 높이거나 낮춰서 각 국의 후생 수준이 협력하지 않는 경우보다 더 크게 되는 공통 유류세 수준을 결정하는 것이 더 현명하다는 것을 의미한다.

Ⅴ. 결론 및 토의

본 연구는 아시아 지역의 대표적인 석유소비국들을 대상으로 이들의 석유 수급과 석유안보 관련 정책들을 살펴보고 이를 근거로 석유안보를 위한 석유

비축량과 유류세와 같은 정책들에 대해 이들 국가 간의 상호 연관성을 설명하기 위해 모형을 설정하고 게임이론을 이용하여 분석하였다. 모형은 비협력과 협력 게임으로 분석하기 위해 나누어 설정하였고 선형함수를 통해 구체적인 최적 석유비축량과 유류세를 도출하여 그 함의에 대해 논의하였다.

이론적인 분석을 통해 도출된 결과는 우리나라 석유안보 정책과 관련해 다음과 같은 몇 가지 방향성을 제시해 준다. 첫째, 석유비축은 미래 공급의 불확실성과 연계되어야 한다는 점이다. 공급 차질의 확률과 정도는 석유비축과 연관되어야 하는데 공급 차질의 확률이나 차질 정도가 높다고 예상된다면 석유비축을 늘려야 한다. 둘째, 석유비축은 보다 효율적으로 이루어져야 한다. 이는 유가가 낮을 때 석유비축을 해야 한다는 것을 의미하며 결국 세계 석유공급이 많거나 자국을 제외한 나머지 국가들의 수요가 적은 시기에 해당될 수 있다. 셋째, 유류세는 석유비축과 마찬가지로 공급 충격의 확률과 정도가 높을 때 인상될 필요가 있지만 석유소비에 대한 자국의 경제적 의존도가 높은 경우에는 유류세를 인하하는 것이 바람직하다. 이는 세계 석유공급 증가나 다른 국가들의 석유수요 감소로 유가가 하락해 자국의 석유수요가 증가하는 최근과 같은 상황을 결부해 생각해 볼 수도 있다. 하지만 본 모형의 결과는 장기적인 차원에서 해석되어야 하며 본 모형이 타 에너지원과의 대체관계나 기후변화 문제 등을 고려하고 있지 않은 한계성을 가지고 있기 때문에 최근 몇 년 간 세계 경기둔화와 셰일오일 생산 증가에 의해 유가가 하락한 결과만을 두고 유류세 문제를 논의하는 건 본질을 왜곡시킬 수 있다.

마지막으로 국가들 간에 관련 정책 협력을 통해 보다 효율적으로 석유안보를 강화할 수 있다는 점은 자명하다. 앞서 분석된 결과를 바탕으로 설명하자면 아시아 석유수입국들 사이에서 협력을 통해 역내 석유안보를 강화하고자 할 경우 다른 변수들의 값이 일정하게 주어져 있는 상태에서 석유공급에 부정적인 충격이 발생할 확률 또는 각 국의 한계저장비용 등의 변수의 크기에 따라 전체 석유비축량과 공통 유류세 수준을 증가시키거나 감소시키는 조율을 통해 보다 효율적으로 역내 석유안보를 확보하게 될 것이다.

한편, 본 연구는 석유안보를 위한 정책 수단으로 석유비축과 유류세만을 고려하는 제한적인 모형을 통해 이루어졌고 해외석유개발이나 원유수입선의 다변화와 같은 대안들을 고려하고 있지 않아 본 연구의 결과들과 시사점은 제한적으로 해석될 필요가 있다.

접수일(2016년 7월 21일), 수정일(2016년 9월 2일), 게재확정일(2016년 9월 13일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

류지철, 에너지안보 제고를 위한 APEC 국가와의 공조 방안 연구, 에너지경제연구원, 기본연구보고서 11-15, 2011.

양일석·오세신, 아시아 석유안보를 위한 최적 정책 연구, 2015 한국국제경제학회 제38차 동계학술대회, 2015. 12. 18.

오세신·김재경, 석유안보 강화방안 연구: 동아시아의 석유안보 정책분석 및 협력방안, 에너지경제연구원, 기본연구보고서 15-23, 2015.

이달석, 석유안보 강화방안 연구: 석유안보 취약성지수 분석과 시사점, 에너지경제연구원, 기본연구보고서 13-26, 2013.

Andrews, A. and R. Pirog, The Strategic Petroleum Reserve: Authorization, Operation, and Drawdown Policy. Rep. R42460, Congr. Res. Serv., Washington, DC, 2012.

Balas, E., "The Strategic Petroleum Reserve: How Large Should It Be?", in B. A. Bayraktar et al. (eds.), Energy Policy Planning. Plenum Press, New York, 1981.

Bellman, R., I. Glicksberg and Gross, O., "On the Optimal Inventory Equation", Management Science, 2, 1955, pp. 83-104.

Bohi, D. R. and Montgomery, W. D., Oil Prices, Energy Security, and Import Policy. Washington, DC: Resources for the future, 1982.

Bohi, D. R. and Russell, M., U.S. Energy Policy: Alternatives for Security. Baltimore: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, 1975.

Bohi, D. R. and Toman, M. A., "Oil Supply Disruptions and the Role of the International Energy Agency", Energy Journal, 7(2), 1986, pp. 37-50.

Bohi, D. R. and Toman, M. A., "Restructuring the IEA Crisis Management Program to Serve Members' Interests Better", in George Horwich and David L. Weimer, eds., Responding to International Oil Crises, Washington, DC: American Enterprise Institute, 1988.

Bohi, D. R. and Toman, M. A., “Energy Security: Externalities and Policies”, Energy Policy, 21(11), 1993, pp. 1093-1109.

Bohi, D. R. and Toman, M. A., The Economics of Energy Security. Kluwer Academic Publishers, 1996.

BP, Statistical Review of World Energy 2011-2016, 2011-2016. 6.

Chao, H. P. and Manne, A. S., “Oil Stockpiles and Import Reductions: A Dynamic Programming Approach”, Operations Research, 31, 1983.

Chao, H. P. and Peck, S., “Coordination of OECD Oil Import Policies: A Gaming Approach”, Energy, 7(2), 1982, pp. 213-220.

Chatham House, Asia's Oil Supply Risks and Pragmatic Remedies, 2014. 5.

Congressional Budget Office (CBO), Energy Security in the United States. Washington, DC: CBO, 2012.

Considine, T. J., “Is the Strategic Petroleum Reserve Our Ace in the Hole?”, Energy Journal, 27, 2006, pp. 91-112.

Denardo, E. V., Dynamic Programming: Theory and Application.
Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1982.

Department of Energy, Office of Policy and Evaluation, Reducing US Oil Vulnerability. Washington DC, November, 1980.

Devarajan, S., Hubbard, R. G. and Weiner, R., “The Coordination of Worldwide Stockpiles of Oil”, Draft manuscript, Cambridge, MA: Energy and Environmental Policy Center, Harvard University, 1983.

FGE, “Another Eventful Month for India's Energy Sector: This Time it is Oil”, Energy Insights, Issue 146, 2010. 6

Friedman, J., Oligopoly and the Theory of Games. Amsterdam: North-Holland, 1977.

Gibson, C. S., “Creative Oil Stockpiling: Evaluating a Three-Country Agreement and Designing a Negotiation Strategy”, Energy and Environmental Policy Center Discussion Paper H-84-03. Cambridge, MA: Harvard University, 1984.

Gilbert, E. Metcalf, “The Economics of Energy Security”, Annual Review of Resource

Economics, 6(1), 2014, pp. 155-174.

Gillingham, K., Newell, R. G., and Palmer, K., “Energy Efficiency Economics and Policy”, Annual Review of Resource Economics, 1, 2009, pp. 597-619.

Government of India Planning Commission New Delhi, Integrated Energy Policy: Report of the Expert Committee, 2006. 8.

Hickman, B. and Huntington, H., Macroeconomic Impacts of Energy Shocks. Energy Modeling Forum, Report 7, Stanford, CA: Stanford University, 1984.

Hogan, William W., “Oil Stockpiling: Help Thy Neighbor”, Energy Journal, 4(3), 1983, pp. 49-71.

IEA, Monthly Oil Data Service, 2015. 8.

IEA, Energy Prices and Taxes 1Q 2015, 2015. 4. 20.

IEA, Oil & Gas Security: Emergency Response of IEA Countries, 2012.

IEA, Understanding Enegy Challenges in India: Policies, Players and Issues, 2012.

IEA, “Reflection on India's Evolving Oil Security Strategy: Its Recent Developments with Saudi Arabia and Venezuela”, Standing Group for Global Energy Dialogue, 2010. 4. 27.

IHS CERA, China announces adjustment to oil product pricing policy, 2013. 4. 1.

IHS Energy, China: Prospects for oil and gas reform, 2014. 12. 16.

IHS Global Insight, China releases new midstream oil and gas regulations in long march to greater market competition, 2014. 2. 28.

Kilian, L., “Not All Oil Price Shocks are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market”, American Economics Review, 99, 2009, pp. 1053-1069.

Kirman, A. P. and Sobel, M. J., “Dynamic Oligopoly with Inventories”, Econometrica, 42(2), 1974, pp. 279-287.

Krapels, E., Oil Crisis Management: Strategic Stockpiling for International Security. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1980.

Ma, L., Fu, F., and Liu, P., “Oil development in China: Current status and future trends”,

Energy Policy, 45, 2012, pp. 43-53.

Mork, K. A., “The Economic Cost of Oil Supply Disruptions”, in J. L. Plummer, ed., Energy Vulnerability, Cambridge, MA: Ballinger, 1982.

Mork, K. A., “Business Cycles and the Oil Market”, Energy Journal, Special Issue, 1994, pp. 15-38.

Murphy, Frederic M., Toman, Michael A., and Weiss, Howard J., “International Cooperation in Stockpiles and Tariffs for Coping with Oil Supply Disruptions”, Journal of Policy Modeling, 7(4), 1985, pp. 649-672.

Murphy, Frederic M., Toman, Michael A., and Weiss, Howard J., “A Dynamic Nash Game Model of Oil Market Disruption and Strategic Stockpiling”, Operations Research, 37(6), 1989, pp. 958-971.

Murphy, Frederic M., Toman, Michael A., and Weiss, Howard J., “An Integrated Analysis of U.S. Oil Security Policies”, Energy Journal, 7, 1986, pp. 67-82.

Nichols, A. L. and Zeckhauser, R. J., “Stockpiling Strategies and Cartel Prices”, Bell Journal of Economics, 8, 1977, pp. 66-96.

Oliver, H. H., “Reducing China's Thirst for Foreign Oil: Moving Towards a Less Oil-Dependent Road Trasport System”, Oil, Gas & Energy Law Intelligence, Vol. 6, Issue 1, 2008. 3.

Olson, M. and Zeckhauser, R., “An Economic Theory of Alliances”, Review of Economics and Statistics, 48(3), 1966, pp. 266-279.

Paliwal, P. and Harigunani, P., “Oil & Gas Supply Security through Interdependence: A Case of Policy Reforms in India”, Oil, Gas & Energy Law Intelligence, Vol. 5, Issue 2, 2007. 4.

Pindyck, R. S., “Gains to Producers from Cartelization of Exhaustible Resources”, Review of Economics and Statistics, 60(2), 1978, pp. 238-251.

Platts, “Regulation and Environment: Japan's oil refining business adjusts to new rules”, 2014. 11. 24.

Salant, Stephen W., “Exhaustible Resources and Industrial Structure: A Nash-Cournot

Approach to the World Oil Market", Journal of Political Economy, 84(5), 1976, pp. 1079-1094.

Shi, D., "Structural Reforms in China's Oil Industry: Achievements, Problems, and Measures for Further Reforms", Oil, Gas & Energy Law Intelligence, Vol. 6, Issue 1, 2008. 3.

Shin, E. and Savage, T., "Joint Stockpiling and emergency sharing of oil: Arrangements for regional cooperation in East Asia", Energy Policy, 39, 2011, pp. 2817-2823.

Teisberg, Thomas J., "A Dynamic Programming Model of the U.S. Strategic Petroleum Reserve", Bell Journal of Economics, 12(2), 1981, pp. 526-546.

Thomson, E., "ASEAN and Northeast Asian Energy Security: Cooperation or Competition?", East Asia, Vol. 23, No. 3, 2006, pp. 67-90.

Vivoda, V., "Japan's energy security predicament post-Fukushima", Energy Policy, 46, 2012, pp. 135-143.

Weimer, D. L., "The Strategic Petroleum Reserve", Draft manuscript, University of Rochester, Rochester, NY, December, 1981.

Winzer, Christian, "Conceptualizing energy security", Energy Policy, 46, 2012, pp. 36-48

Wood Mackenzie, China: Trends to Watch in 2014, 2014. 5.

Wood Mackenzie, China: Trends to Watch in 2014, 2014. 2.

Yao, L. and Chang, Y., "Shaping China's energy security: The impact of domestic reforms", Energy Policy, 77, 2015, pp. 131-139.

Yergin, D., "Ensuring Energy Security", Foreign Affairs, 85(2), 2006, pp. 69-82.

Zhang, Y., Strategic Change in China's Oil Policies to Further Strengthen Energy Security, IEEJ, 2010. 6.

www.iea.org/aboutus

www.isprlindia.com(Indian Strategic Petroleum Reserves Limited)

www.petronet.co.kr

부 록

A. 내쉬균형에서 각 나라의 최적 석유비축량과 최적 유류세 수준

$$
\begin{aligned}
s_j = & \frac{\left(4\beta_j + 2\beta_j^2 - 12\beta_i + 12\beta_j^2\beta_i - 2\beta_i^2 - 4\beta_j\beta_i^2\right)}{8(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, a \\
& + \frac{\alpha\left(2\beta_j + \beta_j^2 - 2\beta_i - 44\beta_j\beta_i - 14\beta_j^2\beta_i + 3\beta_i^2 + 6\beta_j\beta_i^2\right)}{8(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, a \\
& - \frac{8b\left(1 - 29\beta_i - 29\beta_j\beta_i + \beta_j\beta_i^2\right)}{8(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, c_j \\
& + \frac{8b\left(1 - 4\beta_j^2 + \beta_j^2\beta_i - 4\beta_i - 9\beta_j - 9\beta_j\beta_i\right)}{8(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, c_i \\
& + \frac{\left(-4 - 8\beta_j - 6\beta_j^2 + 152\beta_i - 152\beta_j^2\beta_i + 6\beta_i^2 + 8\beta_j\beta_i^2 + 4\beta_j^2\beta_i^2\right)}{8(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, l_j \\
& + \frac{\alpha\left(-2\beta_j - \beta_j^2 + 2\beta_i + 44\beta_j\beta_i + 14\beta_j^2\beta_i - 3\beta_i^2 - 6\beta_j\beta_i^2\right)}{8(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, a' \\
& + \frac{\left(4 - 48\beta_j - 22\beta_j^2 + 16\beta_i - 16\beta_j^2\beta_i + 22\beta_i^2 + 48\beta_j\beta_i^2 - 4\beta_j^2\beta_i^2\right)}{8(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, l_i \\
& + \frac{2\left(6\beta_i + \beta_i^2 - \beta_j^2 - 6\beta_j^2\beta_i - 2\beta_j + 2\beta_j\beta_i^2\right)}{8(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, x
\end{aligned}
$$

$$t_j = \frac{\left(4\beta_j - 2\beta_j^2 - 2\beta_i^2 - 12\beta_j^2\beta_i - 12\beta_i + 60\beta_j\beta_i + 4\beta_j\beta_i^2\right)}{4b(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, a$$
$$+ \frac{\alpha\left(2\beta_j - \beta_j^2 + 3\beta_i^2 + 14\beta_j^2\beta_i - 2\beta_i - 30\beta_j\beta_i - 6\beta_j\beta_i^2\right)}{4b(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, a$$
$$+ \frac{8b\left(-1 + 27\beta_i - 2\beta_i^2 + 2\beta_j - 27\beta_j\beta_i + \beta_j\beta_i^2\right)}{4b(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, c_j$$
$$- \frac{8b\left(-1 + 4\beta_i + 13\beta_j - 4\beta_j^2 - 13\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i\right)}{4b(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, c_i$$
$$+ \frac{\left(-4 - 8\beta_j - 10\beta_j^2 + 136\beta_i - 28\beta_j\beta_i + 136\beta_j^2\beta_i - 10\beta_i^2 - 8\beta_j\beta_i^2 - 4\beta_j^2\beta_i^2\right)}{4b(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, l_j$$
$$+ \frac{\alpha\left(-2\beta_j + \beta_j^2 + 2\beta_i + 30\beta_j\beta_i - 14\beta_j^2\beta_i - 3\beta_i^2 + 6\beta_j\beta_i^2\right)}{4b(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, a'$$
$$+ \frac{\left(4 - 64\beta_j + 22\beta_j^2 + 16\beta_i - 76\beta_j\beta_i + 16\beta_j^2\beta_i + 22\beta_i^2 - 64\beta_j\beta_i^2 + 4\beta_j^2\beta_i^2\right)}{4b(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, l_i$$
$$+ \frac{2\left(6\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j^2 + 6\beta_j^2\beta_i - 2\beta_j - 30\beta_j\beta_i - 2\beta_j\beta_i^2\right)}{4b(\beta_j + \beta_j^2 + \beta_i - 46\beta_j\beta_i + \beta_j^2\beta_i + \beta_i^2 + \beta_j\beta_i^2)}\, x$$

, $j \neq i$.

ABSTRACT

The Study of Strategies of Oil Security for Major Oil Importing Countries: Focused on Oil Stockpiling and Taxation Policies

Ilseok Yang* and Saesin Oh**

Asia has been located on the center stage of oil market due to its oil demand increase based on rapid economic growth. But the necessity of oil security within Asia has been getting enhanced as its imports of crude oil from outside is considerably swelling. Therefore Asian major oil consuming countries such as Korea, China, Japan, and India have bolstered their oil policies related to oil security according to their economic circumstances. Oil stockpiling and taxation are representative policies among those policies and they are analysed using game theory to identify their optimal direction to maximize the social welfare of an oil consuming country. The results suggest that the higher possibility or the higher degree of oil supply shock or lower price of oil, the more oil stockpiling for an country while the higher supply risk of oil or lower economic dependence of oil, the higher oil taxation for an country to enhance oil security.

Key Words : Oil Stockpiling, Oil Taxation, Oil Security, Cournot Competition

* Associate Professor, Department of International Trade, Kyonggi University(main author). isyang@kyonggi.ac.kr
** Research Fellow, Korea Energy Economics Institute(corresponding author). ssoh@keei.re.kr