

세계원유가격 및 경제성장분석을 위한 장기국제원유무역모형[†]

(Long-term International Oil Trade Model for the Analysis of Oil Price and Economic Growth)

김 세 현*

Abstract

Since energy consumption of developing countries is expected to grow rapidly over the coming decades, the oil-importing developing countries are likely to encounter chronic balance-of-payments difficulties. To analyze the quantitative impacts of this problem, we develop a computable model of international trade.

This paper presents four alternative cases — varying the assumptions with respect to energy supplies. This shows that relatively small difference in supplies can lead to 100% differences in the energy prices projected for 1990.

1. 서 론

개발도상국들은 선진국과 비교하여 볼때 인구 증가율이 높고 에너지의 소득 탄성치가 높다. 또한 현재의 남북분쟁이 호전되려머는 개발도상국의 일인당 소득도 크게 늘어나야 할 것이다. 이러한 점들을 감안하여보면 개발도상국들은 현재 세계에너지소비의 작은 부분을 차지하고 있으나 이 비율은 앞으로 크게 증가할 것으로 예상된다. 예를들어 1977년에 나온 WAES 연구보고서 (5)

를 보면 세계 상업적에너지소비중 개발도상국의 점유율은 1972년에 15%에서 2000년에는 25%가 되리라고 전망하고 있다.

한편 개발도상국을 원유수출개발도상국과 원유수입개발도상국으로 구분하여 보면 1973년부터 시작된 원유가격 상승으로 말미암아 원유수출개도국은 앞으로 계속 GNP가 증가하며 또한 자국산 원유의 소비량도 늘어날 것이다. 원유수입개도국은 반면에 그들의 에너지 수급이 매우 불투명한 상태에 있다. 선진국과의 무역경

* 한국과학기술원 경영과학과

† 본 연구는 아산재단 지원에 의하여 이루어졌음.

쟁에 있어서 유리한 조건이 없는 원유수입개도국들은 지속적인 외채문제를 안고 있다.

세계원유가격의 장기적인 분석을 위해서는 이러한 요인들을 감안하여야 할것이다. 이러한 요인들을 지적하는 것은 별로 어려운 일은 아니나 이 문제들이 세계원유가격에 어느정도 심각하게 영향을 미치고 있는가를 분석 하는 것은 쉬운일이 아니다. 이를 위해서는 계량적인 모형을 개발할 필요가 있다.

각 나라의 원유소비량은 그나라의 외채문제와 직접적으로 연관이 있기 때문에 외채문제를 직접적으로 분석할 수 있는 모형이 필요하다. 즉 무역수지에 관한 제약식이 들어있는 모형을 개발할 필요가 있다. 또한 무역수지를 결정하는 수출액은 무역상대국의 수입성향을 분석하지 않고서는 추정할 수 없다.

이와같은 이유에서 이 논문에서는 공산국을 제외한 시장경제국가들을 세 지역으로 구분하였다. 각 지역은 무역수지 제약식을 갖고 있으며 에너지 대체효과와 수입대체효과를 나타내는 탄성치들을 포함하고 있다.

2. 기본적 가정들

공산권을 제외한 전 세계는

제 1 그룹 : 선진국(OECD제국+ 이스라엘+ 남아
연방)

제 2 그룹 : 원유수출 개발도상국
(OPEC제국+ 멕시코)

제 3 그룹 : 원유수입개발도상국
(이외의 비공산권)

등의 세 그룹으로 구분하였다.

여기서는 에너지에 중점을 두고 있기 때문에 각 그룹에서 생산되는 비에너지상품들은 한개의 "비에너지상품"으로 통합시켰다. 세개의 그룹이 있으므로 이 모형에는 세계의 "비에너지상품"이 존재한다. 모든 에너지들은 한개의 "에너지" 상품으로 통합시켰다. 따라서 이 모형에는 네개의 상

품이 존재한다.

비에너지상품들의 단위는 1976년 달러로 표시되었으며 에너지상품은 등원유열량으로 표시하였다. 이 네가지 상품의 국제가격은 이 모형에서 내생적으로 결정된다.

이 모형에서는 1976년도 통계수치에 근거를 두어서 각 그룹의 생산함수를 구한다. 1976년도 통계수치는 1979년도 World Development Report(1)를 이용하였다. 이렇게 구하여진 1976년도 생산함수와 1990년도까지의 노동 및 자본의 증가 예상치를 이용하여 1990년도의 생산함수를 추정한다.

여기서 이용한 생산함수는

Nested Constant-Elasticity-of-Substitution (CES) 생산함수로써 각 그룹의 에너지 대체효과 및 수입대체효과를 분석할 수 있는 함수이다.

3. 수리적 모형식

여기서 나타나는 변수 및 모수들은 다음과 같이 정의 된다.

가) 입력자료

d_j = 1990년도 그룹j의 국내에너지생산

x_{it} = 그룹 i에서의 1990년도 자본 및 노동을
1976년도를 기준으로하여 나타낸 비율.

나) 물량변수

y_j = 1990년도에 그룹j에서 이룩한 GNP

x_{ij} = 1990년도에 그룹i에서 그룹j로 수출된 비
에너지생산품. ($i \neq j$, $i, j = 1, 2, 3$)

x_{ij} = 1990년에 그룹j에서 소비한 에너지.

다) 가격변수

π_j = 그룹j의 비에너지생산품의 국제가격

π_e = 에너지 국제가격

이 모형은 세계경제의 일반균형모형이므로 가격은 상대적 가격만이 결정된다. 따라서 절대적 가격을 나타내기 위해서는 그룹 1 (선진국)의 비

에너지 생산품의 가격을 기준으로 하여 표시하면 된다. 즉 1976년도 달러로 표시된 가격은 $p_1 = 1, p_2 = \pi_2/\pi_1, p_3 = \pi_3/\pi_1, p_4 = \pi_4/\pi_1$ 이다.

라) 생산모수

η_i = 그룹 i의 수입대체 탄성치,
 ξ_i = 그룹 i의 에너지대체 탄성치

이러한 정의에 따라 그룹의 비에너지상품 생산함수는 다음과 같다.

$$\left[\left(\sum_{j=1}^3 a_{ij} x_{ij}^{\alpha_j} \right)^{\beta_i} / \alpha_i + a_{i4} x_{i4}^{\beta_i} \right]^{1/\beta_i} \text{ 여기서}$$

$$\alpha_i = 1 - 1/\eta_i, \beta_i = 1 - 1/\xi_i \text{ 이다.}$$

이 함수에 들어있는 모수들 a_{ij} 와 a_{i4} 는 1976년도 세계경제통계에 기초를 두어 추정하였다. (이에 대한 상세한 내용은 김세현(2)를 참조할것).

이러한 생산함수를 가정할때 각 그룹의 비에너지상품에 대한 물량수급 제약식은 다음과 같이 표현된다.

(가) 비에너지 상품 물량수급제약식, 그룹 i
 $GNP + \text{비에너지상품수출액} \leq \text{비에너지상품 국내생산}$

$$y_i + \sum_{j=1}^3 x_{ij} \leq \left[\left(\sum_{j=1}^3 a_{ij} x_{ij}^{\alpha_j} \right)^{\beta_i} / \alpha_i + a_{i4} x_{i4}^{\beta_i} \right]^{1/\beta_i}$$

(나) 총에너지 수급제약식

$$\sum_{j=1}^3 x_{ij} \leq \sum_{j=1}^3 d_j$$

또한 각 그룹의 무역수지 제약식은 다음과 같다.

(다) 무역수지 제약식, 그룹 i

$$\pi_i \sum_{j=1}^3 x_{ij} \geq \sum_{j=1}^3 \pi_j x_{ji} + \pi_4 (x_{i4} - d_i)$$

4. Base-Case 가정 및 결과

Base-Case의 가정을 이야기하기 전에 이 모

표 1. 1976년 통계 및 1990년도 세계은행 예측

		GNP	그룹 1로의 비에너지상품 수출액	그룹 2로의 비에너지상품 수출액	그룹 3으로의 비에너지상품 수출액	에너지소비	국내 에너지생산	에너지/GNP 비율 (×1000)	무역적자
그룹 1	1976 (실적)	4240	-	58	118	71.8	47.0	16.9	58
	1990 (잠재)	7470	-	-	-	114.6	72.5	15.3	
	연성장률(%)	4.1				3.4	3.1	-0.7	
그룹 2	1976 (실적)	350	9	-	3	4.3	33.5	12.3	-76
	1990 (잠재)	720	-	-	-	10.1	50.3	14.0	
	연성장률(%)	5.3				6.3	2.9	0.9	
그룹 3	1976 (실적)	820	112	11	-	15.3	10.9	18.7	18
	1990 (잠재)	1790	-	-	-	31.8	21.6	17.8	
	연성장률(%)	5.7				5.4	5.0	-0.3	
합 계	1976 (실적)	5410	121	69	121	91.4	91.4	16.9	0
	1990 (잠재)	9980	-	-	-	156.5	144.4	15.7	
	연성장률(%)	4.5				3.9	3.3	-0.5	

주) 1) 자료원 : World Development Report, 1979

2) GNP, 수출액의 단위 : 1976년도 달러로 10⁹ 달러, 에너지단위 : 10⁶ 배럴/일.

형에서 이용한 1976년도 세계경제통계와 세계 은행에서 예측한 1990년도 예측치를 보면 표 (1)과 같다. 이표의 대부분의 수치는 World Development Report, 1979에 기초를 둔 것이다.

GNP의 잠재성장율의 경우 그룹 2와3의 경우는 세계은행의 예측을 그대로 쓴 것이며 선진국의 경우에는 세계은행의 예측으로는 4.1%이나 일반적으로 이 수치는 너무 높은것으로 추정됨으로써 여기서는 3.5%를 채택하였다.

에너지공급에 관해서는 Royal Dutch-Shell에서 발표한 World of Internal Contradictions (WIC) (3)시나리오에 나온 것이다. 이 시나리오에서는 바공산권의 전체 에너지공급원은 1976에서 1990년 사이에 매년 2%씩 증가 할것으로 보고 있다. 표 1에서는 WDR 1979에 따라 에너지 공급 증가율을 3.3%로 보여주고 있다.

〈표2〉는 이 base-case의 계산결과를 보여주고 있다. 밑줄그은 수치는 계산 결과를 나타내며 밑줄이 없는 수치는 입력을 나타내고 있다.

이 시나리오에서는 수입대체 탄성치는 선진국의 경우 1.25 개발도상국의 경우 0.80을 썼다.

이 수치는 Whalley (4)에서 정리된 추정 자료에 근거를 두었다.

에너지대체 탄성치의 경우 모든 그룹이 0.25라는 동일한 탄성치를 갖고 있다고 가정하였다. 현재 장기적 에너지대체 탄성치는 대략 0.30으로 추정되고 있는 것을 감안할때 0.25로 추정하는 것은 장기의 에너지 대체효과가 불완전하게 이루어 진것을 감안하고 있다.

이 모형의 제일 중요한 결과는 1990년도의 에너지 가격이 1976년도 달러로 나타낼때 배럴당 19불 20전이라는 결과이다. 이것은 에너지 가격

〈표2〉 Base-case 가정 및 결과(1990년도)

		GNP		그룹1로의 비에너지 상품수출액	그룹2로의 비에너지 상품수출액	그룹3으로의 비에너지 상품수출액	에너지소비	국내 에너지생산	탄 성 치	
		(결과)	(잠재)						수입대체	에너지대체
그룹 1	1976	4240	4240	-	58	118	71.8	47.0	1.25	0.25
	1990	<u>6715</u>	6860	-	<u>22.0</u>	<u>166.9</u>	<u>89.7</u>	62.0	1.25	0.25
	연성장율(%)	<u>3.3</u>	3.5		<u>10.0</u>	<u>2.5</u>	<u>1.6</u>	2.0		
그룹 2	1976	350	350	9	-	3	4.3	33.5		
	1990	<u>792</u>	720	<u>6.1</u>	-	<u>2.6</u>	<u>9.0</u>	44.1	0.80	0.25
	연성장율(%)	<u>6.0</u>	5.3	<u>-2.7</u>		<u>-1.0</u>	<u>5.4</u>	2.0		
그룹 3	1976	820	820	112	11	-	15.3	10.9		
	1990	<u>1583</u>	1790	<u>264.5</u>	<u>55.2</u>	-	<u>21.8</u>	14.4	0.80	0.25
	연성장율	<u>4.8</u>	5.7	<u>6.3</u>	<u>12.2</u>		<u>2.6</u>	2.0		
총 계	1976	5410	5410	121	69	121	91.4	91.4		
	1990	<u>9090</u>	9370	<u>270.6</u>	<u>275.2</u>	<u>169.5</u>	<u>120.5</u>	120.5		
	연성장율(%)	<u>3.8</u>	4.0	<u>5.9</u>	<u>10.4</u>	<u>2.4</u>	<u>2.0</u>	2.0		
1990년 균형가격				<u>1</u>	<u>1.83</u>	<u>0.70</u>	<u>19.2</u>			

주 1) GNP, 수출액의 단위: 1976년도 19³달러, 에너지 단위 10⁶배럴/日

2) 에너지가격: 1976년 달러/배럴

이 1980년대에 있어서 큰 변화가 일어나지 않는다는 것을 시사하고 있다. 그러나 이 시나리오인 80년대에 원유공급중단같은 급격한 변화가 없다는 것을 가정하고 있다.

이 시나리오에 있어서 원유수출국과 원유수입국사이의 무역조건(Terms of Trade)이 크게 바뀔 것을 주목할 필요가 있다.

즉 원유수출 개도국인 그룹 2의 비에너지 상품의 국제 가격은 1.83으로써 무역조건이 크게 개선된 반면에 원유수입개도국인 그룹 3의 비에너지상품의 국제가격은 0.70으로써 크게 불리하여졌다. 이 사실은 또한 GNP의 성장률이 잠재성장률에 비하여 그룹 2에서는 초과달성되었고 그룹 3에서는 미달된 사실을 설명하여 주고 있다. 반면에 선진국그룹인 그룹 1의 경우 별로 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 원유 수입개도국의 경우 잠재성장률은 5.7%인데 반하여 결과는 4.8%의 성장률을 보여주고 있다. 이 그룹의 성장은 높은 원유 가격뿐만 아니라 무역조건 악화로 크게 제약받게 됨을 알 수 있다.

5. What-if 식 분석

만일 원유수입개발도상국이 다량의 외국원조를 얻을 수 있다면 상황은 바뀔 것이다. 또는 만일 원유수입개발도상국에서 국내에너지 자원의 개발을 급속히 추진할 경우 이들의 GNP 성장은

호전될 수 있을 것이다. 또는 이들이 국제시장에서의 수출전략을 더욱 적극적으로 세운다면 상황은 호전될 수 있을 것이다. 과연 이러한 전략이 어느 정도의 효과가 있는가? 이러한 What-if 식 분석을 하기 위하여 네가지의 다른 시나리오를 분석하여 보았다.

가) 시나리오 A : 에너지 생산량을 World Development Report, 1979에서 추정된 결과를 따라서 그룹 1에서는 연평균 3.1%, 그룹 2에서는 2.9%, 그룹 3에서는 5.0%로 가정하여 전체적으로는 연평균 3.3%로 성장한다고 가정.

나) 시나리오 B : Base-Case 시나리오

다) 시나리오 C : 에너지 생산량이 Base-case 보다도 크게 떨어져 연평균 1%의 성장에 그친다고 가정.

라) 시나리오 D : 선진국들이 원유가격을 낮추기 위하여 공동작전을 수립하여 1990년의 원유수입을 24.8 MBDO로 제한하기로 하였다라고 가정.

여기서 24.8 MBDO는 Tokyo 정상회담에서 결정된 숫자를 사용한 것이다.

이 네가지 시나리오에 따른 세부적인 결과는 Appendix에 있다. 이중 중요한 것만 간추린 것이 표 3에 요약되어 있다. 시나리오 D의 에너지가격을 보면 OECD의 공동전략에 의해 에너지가격은 Base Case의 19.2불/바렐에서 10.4불/바렐로 떨어진다. 반면 OPEC제국의 국내의

표 3. 시나리오별 중요결과

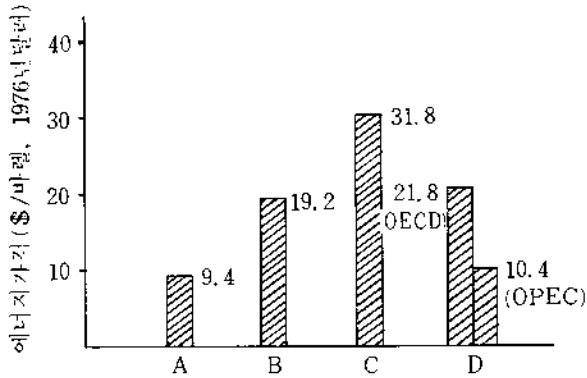
시나리오	OPEC 원유 수출량(MBDO)	1990년 에너지 가격(1976년달러)	1990년 GNP (10 ¹⁰ 1976년 달러)			
			그룹 1	그룹 2	그룹 3	합 계
A	41.6	9.4	6.87	0.71	1.69	9.27
B	35.1	19.2	6.72	0.79	1.58	9.09
C	29.2	31.8	6.53	0.84	1.50	8.87
D	35.4	21.8(OECD) 10.4(OPEC)	6.80	0.72	1.60	9.12

에너지가격은 21.8불/바렐로써 약 11.4불 / 바렐의 관세를 적용함으로써 이러한 수입제한을 이룩할 수 있음을 보여주고 있다.

이러한 전략에 의해 OECD는 Base-Case 보다 약 800억불이 높은 6 조8000억의 GNP를 이룩할 수 있다.

시나리오별 에너지가격은 <그림 - 1>과 같다.

<그림 1> 시나리오별 1990년 에너지 가격



Base-Case의 원유가격 19.2불은 1984년 달러로 환산하면 약 30불에 해당한다. 따라서 에너지공급증가율이 2%로 예상될 때 원유가격은 불변 가치로 1990년까지 현수준을 유지하리라는 전망이다. 반면에 에너지공급증가율이 3.3%로 크게 늘어한다면 에너지가격은 하락하여 1990년에는 약 15불(1984년 달러)로 떨어질 전망이며 에너지공급증가율이 1%로 크게 줄어든다면 에너지가격은 크게 상승하여 1990년에는 약 50불 : 1984년 달러)이 될 전망이다.

그러나 이것은 물론 중동지역의 불안정한 정세를 감안한 결과는 아니다.

호르무르해협이 봉쇄될때 원유가격이 어디까지 상승할것인지는 아무도 알수 없는 일이기 때문이다.

Appendix: 시나리오별 결과

다음의 표들은 각 시나리오들의 결과를 요약한 것이다.

<표A - 1> : 시나리오 A

		G N P		그룹1로의 비에너지 상품수출액	그룹2로의 비에너지 상품수출액	그룹3으로의 비에너지상품 수출액	에너지소비	국내 에너지생산	탄 성 치	
		(결과)	(잠재)						수입대체	에너지대체
그룹1	1976	4240	4240	-	58	118	71.8	47.0	1.25	0.25
	1990	6868	6860	-	135.3	193	108.1	72.5		
	연성장률(%)	3.5	3.5		6.2	3.6	3.0	3.1		
그룹2	1976	350	350	9	-	3	4.3	33.5	0.80	0.25
	1990	714	720	12.2	-	4.4	8.7	50.3		
	연성장률(%)	5.2	5.3	2.2		2.8	5.2	2.9		
그룹3	1976	820	820	112	11	-	15.3	10.9	0.80	0.25
	1990	1694	1790	255.5	32.5	-	27.6	21.6		
	연성장률(%)	5.3	5.7	6.1	8.0		4.3	5.0		
총 계	1976	5410	5410	121	69	121	91.4	91.4		
	1990	9276	9370	267.6	167.8	197.4	144.4	144.4		
	연성장률(%)	3.9	4.0	5.8	6.6	3.6	3.3	3.3		
가 격				1	1.14	0.76	9.45			

주 (1) GNP, 수출액의 단위 : 10⁹달러(1976년 달러) 에너지단위 10⁶배럴/일

(2) 에너지가격단위 : 1976년 달러/배럴

〈표A-2〉 시나리오 C

		G N P		그룹1로의 비에너지 상품수출액	그룹2로의 비에너지 상품수출액	그룹3으로의 비에너지상품 수출액	에너지소비	국 내 에너지생산	탄 성 치	
		(결과)	(잠재)						수입대체	에너지대체
그룹1	1976	4240	4240	-	58	118	71.8	47.0	1.25	0.25
	1990	6529	6860	-	298.6	149	77.5	54		
	연성장율(%)	3.1	3.5		12.4	1.7	0.5	1.0		
그룹2	1976	350	350	9	-	3	4.3	33.5	0.80	0.25
	1990	839	720	4.0	-	1.8	9.3	38.5		
	연성장율(%)	6.4	5.3	-5.6		-3.6	5.7	1.0		
그룹3	1976	820	820	122	11	-	15.3	10.9	0.80	0.25
	1990	1501	1790	250.7	76.2	-	18.3	12.5		
	연성장율(%)	4.4	5.7	5.9	14.8	14.8	1.3	1.0		
총 계	1976	5410	5410	121	69	121	91.4	91.4		
	1990	8869	9370	254.7	374.8	150.8	105.1	105.1		
	연성장율(%)	3.6	4.0	5.5	12.8	1.6	1.0	1.0		
가 격				1.00	2.59	0.68	31.8			

주 (1) GNP, 수출액의 단위: 10⁹달러 (1976년 달러), 에너지단위 10⁶배럴/日

(2) 에너지가격단위: 1976년 달러/배럴

〈표A-3〉 시나리오 D

		G N P		그룹1로의 비에너지 상품수출액	그룹2로의 비에너지 상품수출액	그룹3으로의 비에너지 상품수출액	에너지소비	국 내 에너지생산	탄 성 치	
		(결과)	(잠재)						수입대체	에너지대체
그룹1	1976	4240	4240	-	58	118	71.8	47.0	1.25	0.25
	1990	6796	6860	-	140.0	160.6	86.8	62.0		
	연성장율(%)	3.4	3.5		6.5	2.2	1.4	2.0		
그룹2	1976	350	350	9	-	3	4.3	33.5	0.80	0.25
	1990	724	720	10.8	3.6	3.6	8.7	44.1		
	연성장율(%)	5.3	5.3	1.3		1.3	5.2	2.0		
그룹3	1976	820	820	112	11	-	15.3	10.9	0.80	0.25
	1990	1603	1790	280.0	38.0	-	25.0	14.4		
	연성장율(%)	4.9	5.7	6.8	9.3		3.6	2.0		
총 계	1976	5410	5410	121	69	121	91.4	91.4		
	1990	9123	9370	290.8	178.0	164.2	120.5	120.5		
	연성장율(%)	3.8	4.0	6.5	7.0	2.2	2.0	2.0		
가 격				1.00	1.19	0.66	21.8(OECD)			
							10.4(OPEC)			

주 (1) GNP, 수출액의 단위: 10⁹달러 (1976년 달러), 에너지단위 10⁶배럴/日

(2) 에너지 가격단위: 1976년 달러/배럴

References

1. I B R D (1979). World Development Report, 1979. International Bank for Reconstruction and Development, Washington, D.C.
2. Kim, S (1981). General Equilibrium Models: Formulation and Computation. Ph.D. Dissertation. Department of Operations Research, Stanford University, Stanford, California.
3. Pocock, C.C. (1979). Oil and Gas in 2000: the Shipping Outlook. Royal Dutch-Shell, London.
4. Whalley, J. (1980). An Evaluation of the Recent Tokyo Round trade Agreement Through a General Equilibrium Model of World Trade Involving Major Trading Areas. University of Western Ontario, London, Ontario.
5. Workshop on Alternative Energy Strategies (WAES)(1977). Energy: Global Prospects 1985-2000. McGraw-Hill, New York.