

향후 4반세기 세계 에너지 모습



김 중 구
에너지경제연구원 연구위원

〈 목 차 〉

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| 1. 서 론 | 5. 에너지 공급을 위한 투자 |
| 2. 에너지 수요 전망을 위한 전제와 비교 | 6. 에너지 소비와 CO ₂ 배출 |
| 3. 에너지 수요추세 | 7. 요약 및 결론 |
| 4. 에너지 생산과 교역 | 참고문헌 |

1. 서 론

세계 에너지 수요를 전망을 하는 전문기관은 무수히 많다. 각국마다 경제전망을 제시하는 주요 전문기관은 거의 세계 에너지 수요를 전망한다. 이들은 거시경제변수와 전제조건에 따라서 에너지 수요전망을 하기 때문에 그 결과도 다양하다. 이러한 많은 세계 에너지 전문기관 중에서도 이 분야의 전문가들이 참고하는 기관으로는 국제에너지기구(IEA), 미국 에너지부/에너지정보처(US DOE/EIA), 석유경제회사(PEL), 석유산업조사협회(PIRA), 대학 등을 들 수 있다. 특히 참고자료로

널리 사용되는 IEA의 세계 에너지 전망은 상향식 부차 모델(bottom-up sub-model)을 에너지 시스템 속으로 넣어서 만든 세계에너지모델(World Energy Model: WEO model¹⁾이다. 한편 US DOE/EIA는 세계에너지시장 분석 시스템(System for the Analysis of Global Energy Market: SAGE)을 통하여 국제에너지전망(International Energy Outlook: IEO)²⁾을 한다. 이들 모델들은 사용하는 전제조건에 따라서 그 결과를 달리한다. 본고는 IEA의 WEO 모델의 결과를 중심으로 2030년의 세계에너지 수급모양을 살펴 보고자 한다.

1) IEA, *World Energy Outlook* 2004의 부록C 참조.

2) US DOE/EIA, *International Energy Outlook* 2005.

2. 에너지 수요 전망을 위한 전제와 비교

에너지 수요 전망에서 가장 중요한 변수는 경제성장이다. 이 경제성장은 외생변수로 취급하였다. WEO 모델은 경제성장을 중.단기와 장기로 나누어서 사용하였는데 중.단기는 OECD, IMF, 세계은행의 경제성장 자료를 외생변수로 사용하였다. 장기는 각 지역의 경제성장을 장기적으로 반영하였으며 이는 인구, 생산성 추이, 거시경제지표, 기술변화 여건을 경제성장률에 반영되었다. 최근 WEO는 GDP 성장률을 2000-2030년 연간 3.1%를 반영하였다. 이는 세계 GDP가 2025년에 2배 됨을 가정하였다. OPEC은 WEO와 달리 장기적으로 연간 경제성장률 3.6%, IEEJ는 2.7%, EIA는 3.9%(PPP기준)를 전제로 하고 있다. 경제성장률에 대한 에너지 수요의 탄력성의 가정도 상이하다. 본고는 WEO가 제시한 0.53을 사용하였지만, IEEJ는 0.78을 사용하고 있음을 밝혀 두고자 한다.

또 하나의 주요한 변수는 향후 석유가격의 가정이다. 현재 배럴당 60달러(2006년 가격기준)수준인 석유가격을 장기적으로 IEA는 2030년 30달러(2000년 가격기준), EC는 2030년 40달러(2000년 EU달러기준), EIA는 2020년 25.1 달러(2000년 가격기준), IEEJ 2030년 27달러(2000년 가격기준)로 한계생산가격의 변동을 반영하였다. 그러나 OPEC은 2020년 19.3 달러(2000년 가격기준)로 생산자의 가격밴드(price band)의 개념을 가정하고 있다.

경제성장 전망과 에너지 가격 변동의 가정이 달라짐에 따라서 주요기관들의 에너지 수요 전망도 달라진다. IEA는 장기적으로 1.3%(reference case), EIA는

1.8%, EC는 1.9%, IEEJ는 2.1%의 에너지 수요증가율을 제시하고 있다.

3. 에너지 수요추세

가. 일차 연료 Mix

IEA는 향후 4반세기 2030년 에너지 수요전망에 대하여 기준시나리오(reference case)를 이용하여 약 162.7억 TOE(석유환산톤)를 제시하였다. 이는 기준년도(2004년³⁾)대비 연평균 1.6% 증가율이며 수요량 기준으로는 40.5% 증가에 이를 전망이다(그림 1 참조). 이를 에너지원별로 분석해보면 기준년도 대비 석유 1.4%, 석탄 1.4%, 천연가스 2.1%, 원자력 0.4%, 수력 1.8%, 바이오 1.4%, 재생에너지 6.2%의 수요증가율을 예상하고 있다. 특히 천연가스의 수요증가율이 타에너지원에 비하여 현저함을 주목할 필요가 있다. 또한 재생에너지의 수요는 작은 부문을 점유하고 있지만 증가율은 괄목할만하다.

이 주어진 에너지 수요를 충족시키기 위하여 화석연료가 절대적인 공급 역할을 수행할 것이 분명하다. 특히 석유, 천연가스, 석탄은 기준년도 대비 2030년에 증가할 에너지물량의 83%를 담당할 것으로 예상되며, 또한 이들이 일차 에너지 수요의 약 81%를 점유함으로써 타 에너지원과는 비교될 수 없다. 그러나 원자력 사용의 비율이 기준년도 대비 2030년에 6.4%에서 4.7%로 축소될 전망이다. 재생에너지 수요의 비율은 기준년도 대비 2030년에 13%에서 14%로 증가될 전망이다.⁴⁾

그러나 이런 수요전망의 변수인 거시경제, 인구, 에

3) IEA는 2003년도 세계에너지 소비를 10,723백만TOE로 잡고 있고, BP 통계는 9741.1백만 TOE, US DOE/EIA는 2002년도 소비실적을 411.5 Quadrillion BTU(10,396백만 TOE)로 잡고 있어서 통계적인 차이를 다소 보여 주고 있다.

4) IEA, op. cit.

이슈진단

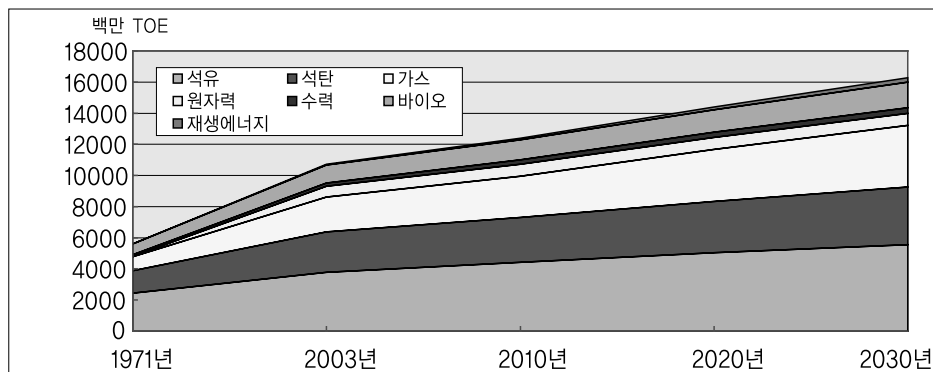
너지 가격, 기술발전, 정부의 정책 등 많은 불확실성(uncertainty)을 내재하고 있어서 수요전망 결과는 가변적이다. 따라서 이들 변수들의 향후 변화에 따라서 에너지 수요도 달라질 수 있다. 한편, US DOE/EIA는 기준년도(2002년) 대비 2025년의 에너지 수요전망을 연평균 증가율 2.0%, 절대물량 기준으로 약 56% 증가한 644.6 Quadrillion Btu(164.4억 TOE)로 전망하고 있어서 IEA와 비슷한 세계 에너지 수요전망을 보여주고 있다.⁵⁾

석유는 에너지원 중에서 <그림 1>에서 보는 바와 같이 1971년 이후 지금까지도 최대수요의 자리를 확보하고 있으며 향후 2030년까지도 일차에너지원 중에서 유일하게 최대수요를 점유할 것으로 예상된다. 이는 석유수요가 기준년도(2003년) 79백만 b/d에서 2030년 115백만 b/d로 약 45.5% 증가한 양이며 증가물량의 2/3를 수송부문이 차지할 것이다. 발전부문에서 석유는 이제 한계연료(marginal fuel)로 남으면서 그 점유율도 감소하게 될 전망이다. 산업, 가정/상업용 석유수

요는 비OECD 국가들의 석유수요 증가로 견실한 증가를 보일 것으로 전망이다. 특히 개도국이 취사와 난방용 에너지를 상업에너지로 전환하기 때문이다.

석유소비에서 간과할 수 없는 점은 중국의 급격한 신장이다. 통상 1% 수준에 머물렀던 세계석유소비증가율이 2003년 2% 수준에 이르러서 소비증가세가 현격하더니 2004년 세계석유소비 증가율은 3.6%에 도달하고 말았다. 1978년 이후 가장 높은 세계석유소비 증가율이었다. 그 원인의 중심에 중국이 자리잡고 있다. 중국은 2004년 석유를 6.2백만 b/d를 소비, 연증가율 16%를 기록함으로써 세계석유소비증가율을 약 1/3을 끌어 올린데 기여하였다. 2004년 당시 IEA 원유수입 가격이 배럴당 36달러로서 2003년에 비하여 30% 인상되었다. 세계유가는 2004년 1월 WTI는 평균 배럴당 41.49달러, 브렌트유는 평균 배럴당 38.27달러를 유지하다가 2005년 여름에는 WTI가 배럴당 70달러에까지 가는 사태가 벌어졌다. 이 가격은 물가인상율을 감안하면 1970년대 수준에 육박하는 수준에 이르렀다. 이러

<그림 1> 세계 일차에너지 수요전망(2030년)과 연료 Mix



자료: IEA, World Energy Outlook 2005.

5) Op. cit.

〈표 1〉 세계석유 수요전망

단위: 백만 b/d

	2003	2004	2010	2020	2030	연평균증가율 (2004-2030)
OECD	47.0	47.6	50.5	53.2	55.1	0.6%
북미	24.1	24.9	26.9	29.1	30.6	0.8
유럽	14.5	14.5	15.0	15.4	15.7	0.3
아시아	8.4	8.3	8.6	8.7	8.8	0.3
전환경제권	4.2	4.4	4.9	5.6	6.2	1.3
러시아	2.5	2.6	2.9	3.3	3.5	1.2
개도국	25.0	27.0	33.9	42.9	50.9	2.5
중국	5.4	6.2	8.7	11.2	13.1	2.9
인도	2.5	2.6	3.3	4.3	5.2	2.8
기타아시아	5.1	5.4	6.6	8.3	9.9	2.3
남미	4.5	4.7	5.4	6.5	7.5	1.9
브라질	2.0	2.1	2.4	3.0	3.5	2.0
아프리카	2.6	2.6	3.3	4.5	5.7	3.0
북아프리카	1.2	1.3	1.5	2.0	2.4	2.4
중동	5.1	5.4	6.5	8.1	9.4	2.2
국제방카링	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	0.3
세계	79.2	82.1	92.5	104.9	115.4	1.3

주) reference 케이스 임.

자료: IEA, World Energy Outlook 2005.

한 고유가에도 불구하고 석유소비가 급증하는 원인의 제공은 BRIC's의 석유를 바탕으로한 지속적인 경제 드라이브 정책의 소산이다.

세계 석유소비의 증가세의 지속도 주목해야 되겠지만 2030년 석유소비 증가의 약 95%를 경질석유제품소비가 담당할 예정이다. 왜냐하면 경질석유 제품의 수요에 따라서 생산을 위한 투자를 준비해야하기 때문이다. 특히 중간유분(middle distillates)인 디젤과 항공유(jet kerosene)의 소비가 2003년 18백만 b/d에서 2030년 49백만 b/d로 수송수요의 증가와 함께 2.7배

〈표 2〉 세계천연가스 수요전망

단위: 10억m³

	2003	2010	2020	2030	연평균증가율 (2004-2030)
OECD	1,436	1,617	1,872	2,061	1.3%
북미	775	848	964	1,039	1.1
유럽	141	176	217	224	2.1
아시아	520	593	691	778	1.5
전환경제권	637	705	815	925	1.4
러시아	417	460	525	591	1.3
개도국	636	893	1,374	1,803	3.9
중국	39	60	106	152	5.1
인도	28	42	71	98	4.7
기타아시아	162	215	305	387	3.3
남미	107	145	220	318	4.1
아프리카	74	107	165	232	4.3
북아프리카	62	85	121	152	3.4
중동	226	324	507	615	3.8
세계	2,709	3,215	4,061	4,789	2.1

주) reference 케이스 임.

자료: IEA, World Energy Outlook 2005.

로 대폭 증가될 전망이다.

천연가스 수요는 기준년도 대비 2030년 연평균 증가율 2.1%에 이를 전망이다 (표2 참조). 천연가스 수요의 성장은 2020년경 석탄소비를 능가함으로써 제2위의 에너지 수요의 자리를 차지할 것으로 예상된다.⁶⁾ 따라서 2003년 천연가스 수요가 2조 7,090억m³에서 2030년 4조7,890억m³로 약 76% 증가가 예상된다. 이런 결과 일차에너지 수요에서 천연가스 수요가 차지하는 비율이 2003년 21%에서 2030년 24%에 확대될 것으로 예상된다. 천연가스 수요 확대는 대부분 발전부문에서 이뤄지며 향후 신규발전소는 경제적, 환경적인 이유 때문에 천연가스를 수요할 것으로 전망된다. 뿐만

6) IEA, op. cit.

이슈 진단

아니라 연료전지개발을 위한 수소생산과 액상화(gas-to-liquid) 플란트로 인하여 향후 다소의 천연가스 수요 증가를 예상해 볼 수 있다.

석탄수요는 기준년도 5,200 백만 톤에서 2030년 7,300백만 톤으로 연평균 1.3%의 증가를 보일 것으로 예상된다. 그러나 일차에너지원의 소요비율은 기준년도 24%에서 2030년 23%로 다소 감소될 것으로 보인다. 석탄수요는 기준년도 대비 2030년에 약 50% 증가를 보일 것으로 예상되는데 이중 2/3는 중국과 인도가 그들의 고도경제성장 정책을 수행하기 위하여 소요될 것으로 예상된다. 석탄은 OECD 지역과 개도국의 발전 부문에서 그 수요를 줄여 가고 있으나 발전부분이 중요한 부문으로 남을 전망이다. 2030년을 향해 가면서 OECD는 석탄수요를 감소시킬 예정이나 비OECD는 산업용, 가정/상업용 석탄수요 확대로 OECD의 석탄 수요 감소분을 능가할 것으로 전망된다.

원자력 발전수요는 큰 증대가 없을 것으로 보인다. 왜냐하면 새로운 원자로 건설에 대한 기대가 크지 않을 뿐만 아니라 향후 소수 원자로는 폐기되어야 할 운명에 있기 때문이다. 향후 원자력 발전이 넘어야 할 과제는 다른 기술과의 경쟁에서 몸부림쳐야한다는 점과, 여러 나라들이 신규 원자력 발전건설에 대한 제한을 가하고 있다는 점이다. 이러한 결과 2015년 이후 원자력 발전은 감소하는 양상을 띠 것으로 예상된다. 따라서 일차 에너지원 중에서 원자력발전의 비율이 2010년 6%에서 2030년 5%로 다소 감소될 전망이다. 아시아 지역에서의 원자력 발전은 증가될 것으로 보이나 유럽은 아시아와는 정반대로 크게 감축될 것으로 예상된다. 그러나 원자력 발전계획은 항상 불확실을 크게 내포하고 있어서 정부의 정책방향에 따라서 변화 가능성이 크다. 특히 원자력 이용의 확대가 기후변화협약을 준수하기 위

하여 이산화탄소를 감축하기 위한 대안으로 제시되기 때문에 그 향방이 주목된다.

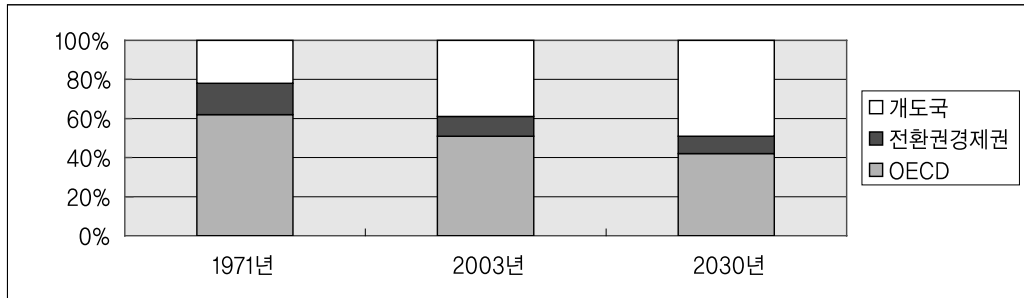
수력발전 수요는 전력생산과 밀접한 관계에 있다. 따라서 지금까지 많은 OECD국가들과 개도국이 수력발전을 개발하여 생산용량을 확대하기 위하여 노력을 해왔고 2030년까지도 그렇게 할 계획이다. 이런 결과로 수력발전은 2030년까지 연평균 1.8%의 증가를 예상할 수 있으나 일차에너지원 중에서 점유하는 비중은 약 2% 수준에 머무를 것으로 전망된다. 향후 수력발전 증가의 3/4를 개발도상국들이 차지할 것으로 전망된다.

바이오 매스와 폐기물은 개도국에서 전통적으로 많이 사용되어 왔으나 향후 현대 상용용 에너지로 대체되면서 일차에너지로써의 수요비율이 2003년 11%에서 2030년 10%로 감소될 전망에 있다. 그러나 바이오 매스와 폐기물에너지 이용의 절대적 물량은 증가하며 특히 OECD 국가들이 발전부문에 이용의 확대를 고려할 것이다.

재생에너지인 지열, 태양열, 풍력, 조수, 파고 등은 다른 일차에너지원에 비교하여 그 이용이 급격하게 증가되어 기준년도 대비 2030년에 연평균 6.2%의 증가를 보일 것으로 예상된다. 그러나 세계의 일차에너지원 중에서 그 수요비율이 극히 낮아서 2003년 0.5%에서 2030년 1.7%로 증가될 전망이다. 재생에너지의 주 사용처는 발전부문이 될 것이며 특히 재생에너지 신기술 개발에 박차를 가하고 있는 OECD 국가들이 수요증가의 주도권을 잡을 것으로 예상된다.

종합적으로 볼 때 에너지집약도(에너지/GDP)는 기준년도 대비 2030년에 연평균 1.6% 감소될 것으로 전망되는데 특히 비OECD국가들이 발전부문과 최종수요 부문에서 에너지 효율이 빠르게 개선될 뿐만 아니라 자국의 경제구조를 중공업에서 경공업 및 서비스 산업으

〈그림 2〉 지역별 일차에너지 수요비율 전망



자료: IEA, World Energy Outlook 2005.

로 개편할 것이다. 특히 경제 전환권은 에너지의 효율 증가 기술의 과감한 도입, 낭비에너지의 제거 및 에너지시장의 개혁으로 에너지 집약도를 매우 낮출 것으로 예상된다.

나. 지역별 에너지 수요 변화

개도국의 일차에너지 수요는 기준년도 대비 2030년에 약 67%로 급격하게 증가될 것이라는 IEA의 전망⁷⁾을 주목할 필요가 있다(그림 2 참조). 개도국이 OECD 국가나 전환경제권 보다도 급격한 에너지 수요증가를 보이는 이면에는 높은 경제성장과 빠른 인구증가가 뒷받침하고 있다고 분석된다.⁸⁾ 특히 산업화, 도시화에 따른 급격한 에너지 수요패턴의 변화가 개도국의 전통적인 에너지 수요를 상업적인 에너지 수요로 변화시키는데 기여하게 될 것이다.

기준년도 대비 2030년의 에너지 수요가 40.5% 증가될 것이라는 전망 하에 OECD국가들이 25%, 개도국이 약 67%, 전환경제권이 7%의 기여도를 보일 전망이

다. 따라서 〈그림 2〉에서 보는 바와 같이 OECD국가들이 점유하는 일차에너지 수요비율이 2003년 51%에서 2030년 42%로 감소될 전망이다. 그러나 개도국은 2003년 39%에서 49%로 확대될 것으로 예상된다.

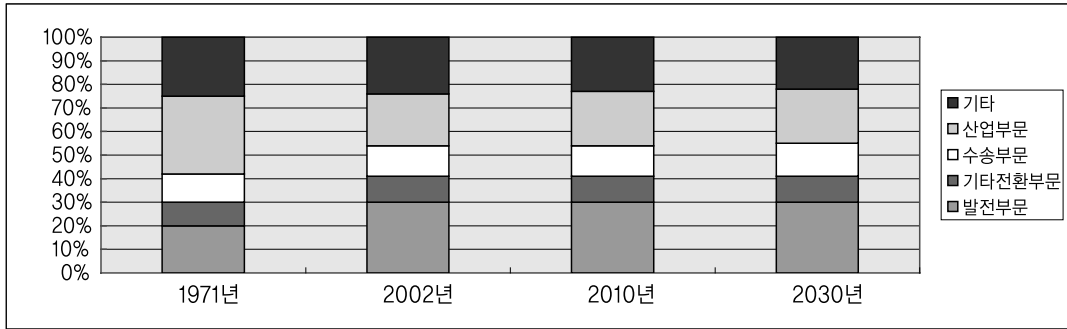
개도국의 에너지 수요증가의 배경에는 중국 등 아시아 개도국들의 원자력 발전과 석탄사용의 확대가 자리 잡고 있다. 특히 중국과 인도의 저렴한 석탄자원의 확대이용은 세계석탄 수요의 2003년 40%에서 2030년 48%로 끌어 올리는데 크게 기여하게 될 것이다. 석유 수요가 2003년 26백만 b/d에서 2030년 36백만 b/d로 75% 급증한 원인은 아시아의 개도국에서 비롯될 것이다. 특히 중국의 석유수요는 기준년도 대비 2030년에 약 50% 증가한 13.백만 b/d가 될 전망이다. 천연가스 수요는 세계 전지역에서 증가함으로 일차에너지원의 비율을 높이게 될 것이다. 중국과 인도가 현재는 천연가스 소비가 저위에 있으나 향후 2030년까지 급격한 소비증가를 나타낼 것으로 전망된다. 한편 OECD국가들과 전환경제권은 에너지 수요증가율이 개도국에 비하여 매우 낮을 것으로 전망된다.

7) IEA의 World Energy Outlook 2005의 reference 케이스 임.

8) Op. cit.

이슈 진단

〈그림 3〉 일차에너지 수요 부문별 전망



자료: IEA, World Energy Outlook 2004

다. 부문별 추이

수송부문과 발전부문의 에너지 수요증가로 2030년에 두 부문의 에너지 수요비율이 기준년도의 54%에서 60%를 넘을 것으로 전망된다. 특히 GDP 성장과 관련된 이동성과 전력관련 서비스의 지속적인 성장이 양부문의 에너지 수요증가를 불러 올 것으로 전망된다. 특히 발전소 투입증대로 기준년도부터 2030년까지 연평균 2% 증가가 전망된다.

최종에너지 부문별인 수송, 산업, 가정, 서비스, 농업, 비에너지부문의 에너지 수요가 기준년도 대비 2030년까지 연평균 1.6% 증가될 것으로 전망되는데 일차에너지에 대한 최종에너지 비율이 약 68% 유지될 것으로 전망된다. 특히 최종에너지 부문에서 수송에너지 수요가 2030년까지 연평균 2.1%로 성장하여 가장 빠른 수요부문이 될 전망이다. 가정과 서비스 부문의 2030년까지의 수요증가율이 연평균 1.5%에 머무를 전망이다. 산업부문도 이와 유사할 전망이다.

4. 에너지 생산과 교역

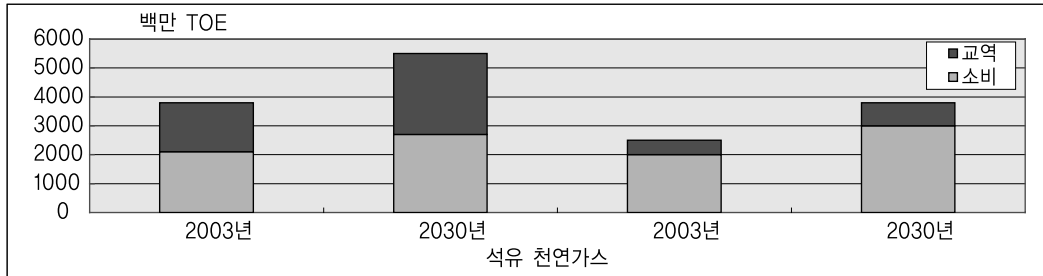
가. 개관

세계적으로 확인 매장된 석유자원량은 2030년까지 누적적 생산을 하여도 이를 충분히 커버할 수 있는 양이다. 그러나 2030년 이전에 생산이 최고에 도달하는것을 것을 방지하기 위하여 추가적인 자원확보가 필요하다. 따라서 석유자원 개발은 계속될 것이다. 향후 25년 이후 에너지 원별 생산이 비용, 지정학적, 기술적 요인들에 의하여 지역적으로 나누어 질 가능성이 크다. 비OECD 국가들은 1971년부터 2003년까지 에너지 생산 순증가의 약 70% 점유하였으나 2030년에는 개도국들이 에너지 생산을 이끌 지역으로 등장하게 될 전망이다.

향후 2030년을 향하여 세계의 석유 및 가스 공급 증가량의 상당히 많은 부분을 중동과 구소련이 담당하게 될 것이다.⁹⁾ 남미 특히 베네주엘라와 브라질과 아프리카가 대체로 그들의 석유와 가스 생산을 증가 시킬 것

9) IEA, op. cit.

〈그림 4〉 석유 및 가스의 교역 전망



주: reference케이스 임.
자료: IEA, World Energy Outlook 2006.

으로 본다. 그러나 그 밖의 지역은 석유와 가스가 감소 전망이다. 석유에 비교하여 다소 폭 넓게 분포되어 있는 천연가스 생산은 유럽 보다는 다른 지역에서 생산을 증가 될 전망이다.

국제 교역은 에너지 생산과 수요가 조화를 이루지 못하는 지역에서 일어난다. 〈그림 4〉에서 보는 바와 같이 석유는 2003년 생산의 44%를 교역 하였으나 2030년은 생산의 약 52%를 교역대상으로 삼을 전망이다. 뿐만 아니라 가스의 교역도 2003년 14%에서 2030년 19%로 증대될 전망이다.

나. 석유 및 천연가스 공급과 교역

세계석유 공급은 2004년 82.1 백만 b/d에서 2030년 115.4 백만 b/d로 수요를 충족시키기 위하여 약 40.5% 증가될 전망이다 (표 3 참조). 중동과 아프리카가 향후 10년간 세계석유 증산에 크게 기여할 것이 분명하다. 뿐만 아니라 고유가의 지속은 이들 국가들의 석유증산을 위한 개발에 촉진제가 됨은 분명하다. 특히 전환경제권 생산이 크게 지속될 것으로 전망된다. 러시아의 급속한 경제성장 정책으로 급격히 증가하기 시작

한 전환경제권과 카스피언 국가들의 석유생산이 현저하게 될 것이다. 이들 전환경제권의 석유생산이 2004년 11.4백만 b/d에서 2010년 14.5백만 b/d로 그 역할이 증대 될 전망이다.

장기적인 관점에서 중동 OPEC 생산의 역할이 증대 될 것으로 전망된다. 왜냐하면 이들 국가들이 저생산비용과 광대한 자원을 보유하고 있는 장점 때문이다. 향후 OPEC의 생산활동 증대로 세계석유 시장에서 OPEC의 몫이 2004년 39%에서 2030년 50%로 확대 될 전망이다. 이런 결과로 OPEC의 시장 몫이 제일차 석유파동이 있었던 1973년 수준에 이른다는 점에 주목해야한다. 그러나 세계석유생산이 2030년 이전에 최대가 될 것으로는 기대되지 않을 것이다. 만약 OPEC 회원국들이 제한된 생산정책, 가격인상, 비 OPEC국가들의 생산확대, 대체에너지기술개발의 박차 등의 변수를 조종하면 OPEC의 시장 몫이 감소될 수 있기 때문이다.

천연가스 공급은 현 생산을 유지한다는 전제하에 향후 66년을 사용할 수 있는 자원을 확보하고 있기 때문에 2030년까지 천연가스 수요를 충족시킬 수 있다. 생산을 위한 지역별 전망은 생산비용과 시장에 달려 있

이슈 진단

〈표 3〉 세계 석유 생산 전망

단위: 백만 b/d

	2004년	2010년	2020년	2030년	증가율(%) (2004-2030)
비OPEC	46.7	51.4	16.1	46.1	0.0
OECD	20.2	19.2	16.1	13.5	-1.5
북미	13.6	14.4	12.6	10.8	-0.9
미국, 캐나다	9.7	10.5	8.8	7.4	-1.1
멕시코	3.8	3.9	3.7	3.4	-0.5
OECD 유럽	6.0	4.4	3.1	2.3	-3.7
OECD 태평양	0.6	0.5	0.4	0.4	-1.4
전환경제권	11.4	14.5	15.6	16.4	1.4
러시아	9.2	10.7	10.9	11.1	0.7
개도국	15.2	17.7	17.6	16.3	0.3
중국	3.5	3.5	3.0	2.4	-1.5
인도	0.8	0.9	0.8	0.6	-1.2
기타아시아	1.9	2.1	1.7	1.3	-1.7
남미	3.8	4.7	5.5	6.1	-1.2
브라질	1.5	2.5	3.3	4.1	3.8
아프리카	3.3	4.9	5.2	4.7	1.4
중동	1.9	1.7	1.5	1.4	-1.3
OPEC	32.3	36.9	47.4	57.2	2.2
중동OPEC	22.8	26.6	35.3	44.0	2.6
기타OPEC	9.6	10.3	12.1	13.2	1.3
비전통석유	2.2	3.1	6.5	10.2	6.1
GTL	0.1	0.3	1.3	1.3	13.9
기타	0.9	1.1	1.6	1.9	2.9
세계	82.1	92.5	104.9	115.4	1.3
중동아프리카	29.0	33.0	41.8	50.5	2.2
중동	24.6	28.3	36.8	45.3	2.4
아프리카	4.3	4.7	5.0	5.1	0.7

자료: IEA, World Energy Outlook 2005

다. 최근 몇 년간 단위비용의 대폭적인 감소에도 불구하고 천연가스 수송비용은 매우 비싼 편이다. 천연가스 생산은 중동과 전환경제권에서 그 생산 증가를 담당할

것으로 전망되는데 생산증가된 물량의 대부분은 북미, 유럽, 아시아로 수출될 것이다. 왜냐하면 이들 수입국들은 자국산 천연가스생산으로 수요를 충족시키지 못하기 때문이다. 뿐만 아니라 남미와 북아프리카도 급격한 생산 경험을 하게 될 것이다.

천연가스 순수입의 최대는 유럽, 북미가 될 것이며, 나라는 대미수출물량을 증가시키지만 미국의 증가하는 천연가스 수요를 충족하기에는 역부족이 될 전망이다. 세계 천연가스 수요의 약 64%를 점유하고 있는 OECD 유럽은 천연가스 순수입을 2003년 2,030억㎥에서 2030년 4,990억㎥으로 약 1.5배 증가시킬 전망이다. 현재 자급자족하고 있는 북미는 미국의 천연가스 수요의 급증으로 향후 2030년에 총천연가스 수요의 14%인 1,420억㎥에 이를 것으로 전망된다. OECD 태평양권에서 일본과 한국이 천연가스 순수입을 크게 신장시킬 것이며 이들의 수요가 호주로부터의 수출을 능가하게 될 것이다. 중국과 인도가 점점 중요한 천연가스 수입국으로 등장하게 될 것이다.

5. 에너지 공급을 위한 투자

가. 개요

기준년도부터 2030년까지 세계 에너지 수요를 충족시키기 위한 에너지공급시설투자(cumulative infrastructure investment)는 17조 달러(2004년 불변가격 기준)에 이를 것으로 전망된다.¹⁰⁾ 이 투자는 생산용량 확대, 기존과 미래를 위한 시설 개체를 포함한다. 현재의 석유, 가스, 석탄을 생산하기 위한 생산용량의 대

10) IEA, World Energy Outlook 2005, P. 94.

부분이 2030년에 개체되어야 하고 생산투자의 절반 이상은 현재의 공급시설을 유지하기 위한 비용으로 쓰여 질 것이다. 특히 OECD는 전력 플랜트, 송전 및 배전 시설이 개체될 필요가 있다.

따라서 에너지 공급을 위한 시설투자의 60%~70%가 전력부문에 투입될 것이다. 따라서 발전, 송전, 배전부문에 10조 달러 이상이 소요될 것으로 전망된다. 특히 전력투자의 절반 이상이 송전과 배전의 네트워크 사업에 집중되어야 한다.

한편 석유 및 가스산업에 필요한 총투자는 3조 달러로 추정되는데 이 중 3/4이상이 석유산업의 상류부문(upstream)에 투자되며 가스산업에서 상류부문의 투자는 가스산업투자의 60%에 이를 전망이다. 에너지 공급시설투자의 2%를 점유하는 석탄사업 투자는 4,000억 달러에 이를 전망이며 이는 석탄을 생산과 수송에 투입되는 비용이다.

개도국의 급격한 에너지수요 확대로 에너지 투자가 많이 소요되는데 이 투자는 세계에너지 투자의 약 50%를 차지할 것으로 전망된다. 특히 중국은 세계전체 에너지투자의 약 15%에 해당하는 2.5조 달러를 투입할 것으로 전망한다. 아프리카와 중동은 에너지 투자에 1조 2천억 달러, 특히 북아프리카는 3천억 달러가 소요될 것으로 전망된다. 중동과 아프리카의 에너지 투자의 상당 부분이 석유 및 가스개발을 위한 상류부문에 투자될 전망이다. OECD의 에너지 투자가 전체에너지 투자의 40%, 러시아와 전환경제권은 10% 정도가 될 전망이다. 비OECD는 에너지 총투자의 40% 이상을 OECD 수출용으로 투입하기 때문에 석유 및 가스 및 석탄생산 체인에 투자될 전망이다.¹¹⁾

나. 세계 정제업의 현실과 도전

역사적으로 석유정제업은 십자로에 서 있었다. 이는 제1,2차 석유파동과 아시아의 재정위기로 인한 석유수요의 억제로 1970년대부터 1990년대 중반까지 과잉공급용량에 시달려야 했고 그 이후 최근까지 석유수요의 급격한 확대로 잉여용량이 급격히 감소하여 생산활동이 급박하였다. 2004년 8.3백만 b/d의 산출정제 능력에서 평균적으로 85% 이용되었다는 사실은 이를 입증하고 있다. 따라서 추가적 시설용량 확대는 급증하는 석유수요에 대처하기 위함에 집중될 것이다. 따라서 2030년 석유수요를 충족하기 위한 석유정제능력이 118백만 b/d로 기준년도 대비 약 42% 확대될 전망이다.

그러나 에너지 산업은 여러 가지 복잡하고 불확실한 요인 때문에 그 수요를 충족하기 위한 용량확대는 적잖은 어려움이 있다. 첫째, 시장에 맞는 정제업의 규모를 만들기 위하여 투자해야 하나 환경제약과 환경적인 저항이 발목을 잡는다. 특히 OECD 북미는 수요의 증가가 확실함에도 불구하고 지방 정제업을 건설하기가 쉽지 않다. 이러한 사정은 OECD 유럽도 유사하다.¹²⁾ 둘째, 도로 및 항공 수송의 증가로 경질 석유 제품의 증가에 따른 시설투자가 요구된다. 특히 경.중질유의 석유제품수요가 1980년대 초기 65%에서 현재는 89%에 달하고 있고 향후 증대될 전망이다. 때문에 이에 따른 투자비의 상승과 건설기간의 장기화로 에너지투자를 어렵게 할 것이다. 셋째, 원유생산이 점점 중질화, 유황화(sour)되면서부터 가공하기가 점점 어렵고 비용이 증대될 전망이다. 넷째, 석유제품이 점점 규격화(specification)되어감으로 정

11) IEA, op. cit.

12) Op. cit.

이슈진단

제업자는 보다 나은 제품을 생산하든지 또는 제품을 고급화해야하는 부담을 안고 있어서 투자에 어려움이 발생할 것이다. 뿐만 아니라 디젤이나 휘발유에 포함된 유황분 함량에 대한 규제가 점점 강화되고 있다는 점이다. 유럽은 2009년까지 ppm당 10을 최대치로 하고 있다는 점. 인도는 선택된 도시에서 2005년 4월 이후 디젤에 ppm당 500으로 규제하고 있다는 점. 중국은 2008년까지 선례를 따르도록 규정하고 있다는 점. 다섯째, 미래 투자 회수에 대한 불확실성이 정제투자를 힘들게 하고 있다. 2004년까지 정제사업투자가 배럴 당 8달러여서 자본비용을 회수하기는 쉬운 편이었으나 향후는 투자비를 회수하기 위한 미래마진이 불투명하고 정제투자의 건설기간도 5년 정도 걸린다는 점이 정제사업에 대한 투자를 힘들게 하고 있다.

다. 정제시설용량 확대전망

세계원유분해 시설용량이 2004년 말 83.1백만 b/d로 추정되고 있다. 2010의 석유수요를 충족시키기 위하여 시설용량이 93백만 b/d, 2030년에는 시설용량이 118백만 b/d까지 확대될 것으로 전망된다 (표4 참조). 추가적 시설용량은 중질유 수요를 충족시키기 위하여 투자되어야 함으로 투자부족으로 석유제품과 원유가격 상승을 전망해 볼 수 있다.

향후 정제설비투자 확대는 개도국에 집중될 전망이다. 왜냐하면 OECD는 기존의 정제능력을 위한 확대가 어렵기 때문이다. 따라서 향후 정제품 수요를 충당하기 위하여 중동이 중요한 역할을 수행하게 될 것이다. 특히 중국은 석유제품 수요의 확대로 시설용량을 2030년까지 1.4배 정도 확대하고도 2030년에는 석유제품

〈표 4〉 세계원유정제시설 전망

단위: 백만 b/d

	2004년	2010년	2020년	2030년
OECD	44.3	45.9	49.6	51.8
북미	20.5	22.1	24.6	25.6
태평양	8.1	8.1	8.9	9.7
유럽	15.7	15.7	16.1	16.6
전환경제권	9.5	9.5	9.7	10.2
개도국	29.3	37.2	47.1	55.7
중국	6.1	8.8	12.5	14.6
인도	2.4	3.2	4.2	5.2
중동	7.0	8.8	10.7	12.9
북아프리카	1.8	2.1	2.6	3.1
기타 개도국	12.0	14.4	17.1	19.9
세계	83.1	92.7	106.4	117.8

자료: IEA, World Energy Outlook 2005.

을 수입해야 될 전망에 있게 된다. 중국과는 달리 인도는 국내수요에 대응하기 위하여 제품 수출에 대한 여력이 없어질 전망이다. 인도는 정제능력 확대의 전망에도 불구하고 정제품의 한계 수출자가 될 전망이다.

북미는 정제능력 용량이 2010년 22.1백만 b/d에서 2030년 25.6백만 b/d로 소규모 증가에 그쳐서 북미 OECD는 2030년 순수입자로 남게 된다. 유럽은 환경규제의 강화로 2010년까지 중질분해의 순수입국이 될 전망이다.

현재 60% 이하의 정제시설 이용률에 머무르고 있는 러시아와 전환경제권은 중질분해 추가 시설 보다 기존 시설의 이용률 제고에 노력하게 될 것이다.

라. 정제품 교역전망

세계의 대부분 국가는 정유소에서 정제품을 자국시장에 공급한다. 그러나 지역적인 불균형으로 석유제품 교역량은 2003년에서 2030년까지 1.8% 증가에 그칠

〈표 5〉 정제설비 투자 전망(2004-2030)

단위: 2004년 달러, 10억

	추가 및 개선	전환	총투자
OECD	61	51	112
북미	44	25	69
유럽	10	8	18
태평양	7	18	26
전환경제권	31	19	51
개도국	222	102	324
중국	57	37	94
인도	16	9	25
중동	62	26	89
북아프리카	16	6	21
기타 개도국	71	24	95
세계	315	172	487

자료: IEA, World Energy Outlook 2005.

것이며 지역간 교역은 2004년 10백만 b/d에서 2030년 16백만 b/d 정도로 증가될 전망이다. 휘발유의 현재 패턴은 유럽에서 소련으로 흐르며 이는 2020년대 중반까지 계속될 것으로 기대된다. 2030년 유럽의 휘발유 수출은 감소될 것이며 부분적으로 중동에 의해서 대체될 것이다. 유럽은 2010년까지 1백만 b/d의 디젤 부족에 직면하게 될 전망이다. 아시아에서 인도가 석유제품의 한계 수출자로 남게 될 것이며 사우디가 인도의 수출을 앞지를 전망이다.

마. 정제업 투자전망

향후 정제업 투자의 총규모는 2030년까지 4,870억 달러(2004 달러 기준)에 달해서 매년 187억 달러가 소요될 전망이다. 투자액의 2/3는 개도국에서 필요하게 될 전망인데 이중 절반은 중동과 중국이 소요하게 될 전망이다. 중동과 아프리카는 총정제설비투자의 1/4을

담당할 것으로 전망되는데 그 규모는 1,100 억 달러 이상이 된다. 사우디는 홀로 투자의 30%를 담당하게 될 것이다.

정제설비투자의 2/3는 원유분해시설 추가시설과 기존 용량의 유지를 위해서 사용되며 남은 35%는 전환용량시설에 투자 될 것이다. OECD는 총전환투자의 30% 정도를 담당할 것이다. 따라서 총전환투자 중 45%는 OECD, 31%는 개도국이 담당해야 할 전망이다.

6. 에너지 소비와 CO₂ 배출

가. 개요

에너지 관련 이산화 탄소(CO₂)의 배출량은 에너지 소비와 비례한다. 따라서 2003년부터 2030년까지 에너지 수요가 연평균 증가율이 1.6%임과 비례하여 CO₂ 배출량도 연평균 1.6% 증가될 전망이다. 따라서 2003년 전세계의 CO₂ 배출량이 24gaga 톤에서 2030년 37gaga 톤으로 무려 약 52% 증가가 예상된다. 발전 부문에서 배출되는 CO₂ 배출량이 전체 CO₂ 배출량의 약 절반을 차지할 것이며 다음이 수송부문에 1/4 정도에 이를 것으로 전망된다.

개도국이 2003년부터 2030년까지 CO₂배출량 증가의 3/4의 책임이 있으며 2020년 이후부터 개도국의 CO₂배출량이 OECD국가들을 능가할 것으로 전망된다. 특히 중국의 CO₂ 배출량 증가가 OECD와 러시아를 합한 양을 능가할 것으로 전망된다. 향후 총CO₂배출량에서 OECD는 2003년 53%에서 2030년 42%, 개도국은 2003년 37%에서 2030년 49%, 전환경제권은 2003년 11%에서 2030년 9%를 점유할 것으로 전망된다. 개도국의 CO₂배출 증가가 현저하게 될 전망이다.

이슈 진단

〈표 6〉 에너지소비관련 CO₂ 배출 전망

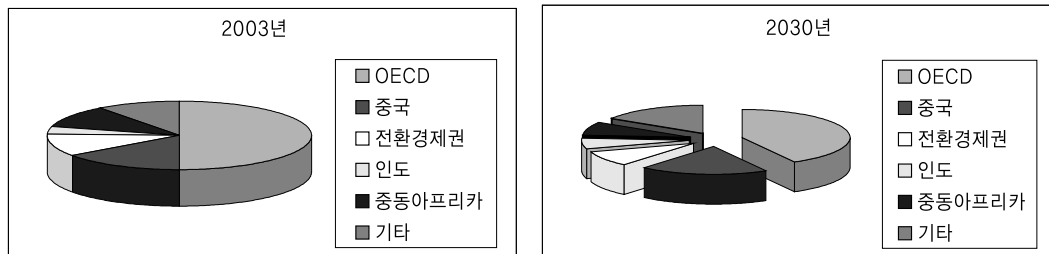
단위: 백만 톤

	1990년	2003년	2010년	2020년	2030년	증가율(%) 2003-2030
OECD	11,026	12,776	13,794	14,824	15,341	0.7
북미	5,556	6,620	7,338	7,949	8,387	0.9
태평양	1,519	2,025	2,163	2,314	2,319	0.5
유럽	3,951	4,131	4,293	4,561	4,636	0.4
전환경제권	3,731	2,537	2,841	3,169	3,414	1.1
러시아	2,326	1,515	1,694	1,885	2,003	1.0
개도국	5,319	8,815	11,063	14,525	18,113	2.7
중국	2,289	3,760	4,646	5,895	7,173	2.4
인도	598	1,050	1,296	1,736	2,283	2.9
기타아시아	682	1,291	1,696	2,371	3,052	3.2
남미	602	850	1,065	1,395	1,779	2.8
브라질	192	303	369	492	626	2.7
아프리카	547	763	949	1,276	1,635	2.9
북아프리카	193	295	372	493	604	2.7
중동	601	1,102	1,411	1,852	2,191	2.6
세계 (병커포함)	20,439	24,587	28,176	33,006	37,372	1.6
유럽연합	3,733	3,789	3,941	4,157	4,219	0.4

주: reference 케이스 임

자료: IEA, World Energy Outlook 2005

〈그림 5〉 2030년 경제권별 에너지수요 비율



7. 요약 및 결론

본고는 상향식 부차 모델(bottom-up sub-model)을 에너지 시스템 속으로 넣어서 IEA가 제시한 세계에너지모델(World Energy Model: WEO model)의 결과를 이용하여 2030년의 에너지 모습을 제시하였다. 에너지 수요 추정에서 중요한 변수인 GDP 성장률은 2000-2030년 연간 3.1%를 사용하였으며 GDP 에너지 탄성치는 0.53을 사용하였다. 향후 석유가격은 2030년 30달러(2000년 가격기준)가정으로 한계생산 가격의 변동을 반영하였다. 경제성장 전망과 에너지 가격 가정이 달라짐에 따라서 주요기관들의 에너지 수요 전망도 달라짐을 밝혔다. IEA는 장기적으로 1.3%(reference case), EIA는 1.8%, EC는 1.9%, IEEJ는 2.1%의 에너지 수요증가율을 제시하였다.

향후 4반세기인 2030년의 세계에너지 모습은 현재보다 약 50% 정도 증가된 에너지를 수요할 것으로 전망된다. 이중 화석에너지인 석유, 석탄, 천연가스의 수요가 전체 일차에너지 수요중 약83%를 점유함으로써 현재나 4반세기 후나 화석에너지가 절대적으로 주도할

것임은 변함이 없을 것이다. 특히 천연가스의 수요증가가 다른 일차에너지에 비하여 가장 빠를 전망이다. 지역적으로 일차에너지 비율은 2030년 OECD 42%, 개도국 49%, 전환권 9%로 개도국이 OECD를 능가할 것으로 전망된다. 이는 소위 BRIC's라고 불리는 국가들이 에너지를 바탕으로한 경제성장을 드라이브한 결과이다. 부문별로는 수송부문의 에너지 수요가 2030년까지 연평균 2.15%로 가장 빠르게 성장할 것이다.

따라서 2030년의 세계 에너지 모습에서 주는 시사점은 천연가스의 가격상승에 대비하여함을 시그널로 주고 있다.

〈참고문헌〉

- DOE/EIA, *International Energy Outlook 2005*.
- BP, *BP Statistical Review of World Energy 2005*.
- IEA, *World Energy Outlook 2004*.
- IEA, *World Energy Outlook 2005: Middle East and North Africa Insight*.
- 산자부/에너지경제연구원, *에너지통계연보*, 2006.