

세계 공동체를 위한 에너지의 미래

이 회 성/에너지경제연구원 고문



에너지전선에 이상은 없는가? 개발, 생산, 교역, 유통, 수급 모든 면에서 세계 에너지산업은 고성능 기계처럼 능력과 효율을 과시하고 있다.

구공산권 지역의 개방으로 전세계 석유 가스산업은 자원확보에 있어서 새 전기를 맞게 되었으며, 이 지역 다운스트림 인프라투자도 새로운 기회로 부상하고 있다.

두자리 숫자의 증가율을 기록하고 있는 아시아의 에너지수요도 전세계 에너지산업의 투자욕을 자극하고 있다. 기술발전으로 에너지생산 비용은 계속 하락하고 있다.

특히, 석유탐사개발 기술의 발전으로 비OPEC의 생산능력은 80년대 중반 이후의 저유가 상황에서도 꾸준히 증가하고 있다.

정보산업 기술의 확산은 전력을 현물시장의 상품으로 변모시키고 있으며, 전력규제 제도의 개혁을 초래하고 있다.

전세계적으로 강화되는 환경규제 때문에 전력은 가스산업의 다운스트림으로 자리매김을 해나가고 있다. 기후변화 대책의 일환으로 선진국에서는 비화석 에너지 기술에 대한 연구개발에 박차를 가하고 있다.

세계에너지에 이런 변화가 있을 것을 5년전, 10년전에는 상상할 수도 없었다.

그렇다면 앞으로 10년후, 20년후의 세계에너지에는 어떤 놀라움이 우리를 기다리고 있을 것인가? 대응하고 적응할 수 있는 폭은 어느정도인가? 한국이 당면할 과제는 무엇인가?

지난달 세계에너지회의 제16차 동경총회는 이러한 의문점에 관해서 세계 에너지산업의 리더와 이룬

가들의 생각은 어떤지 알아볼 수 있는 기회였다.

WEC총회 주요 메시지

총회의 주요 메시지는 다음과 같다.

- (1) 전세계적으로 에너지 부존자원은 풍부하므로 경제성장의 제약요인은 아니다. 기술발전의 결과, 가채 부존자원량은 계속 증가할 것이다. 석유가스 자원의 지역적 편중현상은 지역에 국한된 수급 불균형과 가격불안을 초래할 수 있다. 그러나 전세계적 불균형, 지속적 가격불안은 예상되지 않는다.
- (2) 에너지투자비의 조달여부가 에너지산업과 경제성장의 주요관건이 된다. 국제자본시장 금융시장 의존도가 증가함에 따라 전세계적으로 특히, 개도국에서 에너지산업의 민영화, 에너지가격의 경쟁화가 확산된다.
- (3) 기술발전의 결과로 에너지-GDP비율은 대폭 개선된다. 경제성장이 높을수록 자본시설의 대체속도가 빨라지며 신기술 활용의 기회도 확대된다. 산업구조가 에너지 다소비위주로 변하지 않는한 에너지-GDP비율은 하락한다.
- (4) 소비하는데 편리하고 깨끗한 에너지의 수요는 계속 증가한다. 전력, 가스, 석유, 메타놀의 수요가 계속 증가하며 궁극적으로는 수소에너지에 집중된다. 석유와 가스는 21세기에도 주요 에너지로서의 역할을 수행한다. 재생에너지는 지역적 특성을 살릴 수 있는 틈새시장에서 기여를 한다.
- (5) 에너지수요는 에너지서비스(수송, 난방, 조명...)에 대한 수요이지 에너지원에 대한 수요가 아니다. 에너지산업의 미래 승자는 에너지

서비스를 비용효율적, 환경친화적으로 공급할 수 있는 자다.

- (6) 인구증가와 경제성장 때문에 전세계적으로 에너지소비는 대폭 증가한다. 앞으로 50년후 세계인구는 현재 대비 2배가 되며 세계경제는 3~5배로 증가한다. 이 결과 에너지소비는 2~3배 증가한다. 2100년이 되면 현재 대비 5배의 에너지소비가 예상된다.
- (7) 지구환경 인식보다는 지역환경 인식이 에너지 소비행태를 결정한다. 비용-편익의 비교가 지역환경을 대상으로 할때 보다 분명하기 때문이다.
- (8) 그러나 지구환경 차원에서 에너지시스템의 탈탄소화를 추진하면 지구환경은 물론 지역환경도 개선할 수 있다. 기후변화를 방지하기 위해 이산화탄소 배출의 억제 불가피하다.

이러한 메시지가 세계 에너지산업에 주는 의미는 무엇인가?

에너지투자, 석유, 천연가스, 재생에너지, 원자력 에너지, 석탄, 에너지와 환경, 기후변화 대책과 에너지에 대해 검토하기로 한다.

투자와 자원조달

에너지부문의 투자소요는 막대하다. 그러나 앞으로의 세계 경제성장, 저축률, 자본시장의 규모등을 감안할 때 총량 차원에서의 투자자원 부족은 예상되지 않는다.

에너지투자가 GDP에서 차지하는 비중은 3%~4%이었으며 앞으로도 이 수준이 될 것으로 예상된다. 전세계 자본시장의 규모는 경제성장률보다 빠른 속도로 증가했으며, 이 추세는 앞으로도 계속될 것

으로 예상된다.

현재 전세계 에너지부문의 투자 총액은 국제금융 총액(3조 6천달러)의 10% 정도가 된다. 자본공급의 증가가 에너지투자 수요의 증가보다 클 것으로 예상되기 때문에 자본시장 규모가 에너지투자 재원 조달의 제약요인이 되지는 않을 것이다.

문제는 개별 투자계획에 대해 투자자들이 인지하는 투자위험도와 적정투자보수율이다. 에너지부문의 투자보수율은 상대적으로 낮았다.

지난 20년동안 세계은행 차관으로 추진된 사업중 전력부문의 투자보수율은 11%에 그친 반면에 도시 개발과 교통부문의 투자보수율은 각각 23%, 21%를 기록했다.

에너지부문 내에서는 프로젝트 규모가 작을수록 투자보수율이 열악한 것으로 나타났으며, 비슷한 현상은 혁신적 에너지공급원 개발을 위한 투자, 에너지효율개선 투자에서도 나타났다.

투자보수율이 높은 프로젝트에 재원이 집중되는 것은 당연하다. 앞으로 에너지투자가 원활히 수행되려면 투자보수율의 상향조정이 있어야 할 것이다.

세계적으로 에너지산업에는 국영체제와 민영체제가 혼재하고 있다. 경쟁적 수준의 투보율을 보장하기 위해서는 민영체제의 확대가 불가피하다.

현재 에너지투자중 민간자본의 비율은 전세계 평균 20%에 지나지 않는다. 민자유치를 위해 에너지 가격정책, 규제등에도 경쟁의 확대를 위한 변화가 예상된다.

전세계 에너지투자중 개도국의 비중은 현재 30%에 지나지 않는다. 그러나 앞으로 15년 후에는 48%까지 증가할 것으로 예상된다.

GDP중 에너지 투자비율은 러시아와 동구권 유럽 국가들이 7%~9%로 가장 높으며, 개도국이 3%

~4%, 선진국이 1% 수준이다. 비율의 차이는 에너지 인프라 구축의 상대적 필요성을 반영한다.

1990년 세계 에너지투자 총액은 4,000억 달러였다. 앞으로 15년 후 연간 에너지투자 총액은 5,000억 달러~7,500달러에 이를 것으로 예상된다. 이중 약 1/3은 국제 자본시장에서 조달될 것으로 예상된다.

개도국은 기채능력의 상대적 한계 때문에 선진국의 자본지원도 확대되어야 할 것이다. 1990년 총 1,400억 달러가 개도국으로 이전되었는데 이중 OECD국가들의 개발 지원은 500억 달러에 지나지 않았다.

석유

석유에너지의 다양성, 수송과 이용의 편리성, 전세계적 유통망등의 이점 때문에 석유는 성장산업으로 재부상할 것이다. 특히, 수송부문 에너지와 석유 화학 원료로서 타의 추종을 불허한다.

석유탐사 개발의 신규프로젝트가 대폭 증가할 것이며, 기술력, 자금력, 경영능력을 앞세운 국제 석유메이저가 투자를 주도함으로써 70년대 이후 형성된 산유국 우위의 국제 석유산업 구도에서 메이저와 균형을 이루는 새로운 구도로의 조정이 예상된다.

아시아 지역의 석유수입이 증가함에 따라 중동산유국과 아시아 주요 석유수입국간의 경제적 상호의존도가 증가할 것으로 예상된다.

탐사개발 기술의 지속적 발전으로 석유의 지역적 편중현상은 완화될 것이나 중동산유국의 원유생산비는 계속해서 세계에서 제일 저렴한 수준을 유지할 것이다.

중동산유국은 생산비의 이점을 바탕으로 중장기적

가격정책을 통해 석유대체 에너지의 개발을 지원시킬 것이다. 이에 따라 신재생에너지 개발투자자와 석유가스 개발투자에 새로운 불확실성이 발생하게 된다.

천연가스

천연가스는 오랜동안 석유의 부산물 또는 부속물로 인식되어 왔다. 이 기존관념을 깨는 것이 천연가스의 과제이다.

이미 천연가스의 수요는 전세계적으로 폭증하고 있다. 환경규제의 강화와 천연가스 발전기술의 개발, 가정용 최종소비와 발전용 소비로 사용될 수 있는 다양성등이 그 요인이다.

에너지부문의 규제와 거래관행이 경쟁원칙을 거양하는 방향으로 합리화될 경우 천연가스의 시장잠재력은 더욱 신장될 것이다. 수송에너지 시장의 천연가스 활용이 이 범주에 속한다.

재생에너지

재생에너지는 “신”재생에너지와 “구”재생에너지로 구분할 수 있는데 전자는 선진국에서 활용된다.

기술발전과 에너지시장의 경쟁화 추세는 “신”재생에너지의 시장침투를 용이하게 하며 신기술 확산에 필요한 시장기반의 구축을 도와준다.

문제는 개도국으로의 기술이전에 있다. 개도국의 가장 중요한 과제는 기존의 바이오매스 같은 재생에너지의 활용기술을 완벽히 습득함으로써 다음 단계의 신기술 활용의 터전을 마련하는 것이다. 기술수혜국이 내생적 기술개발 능력을 가지고 있는냐의 문제는 기술이전의 성공여부와 직결된다.

바이오매스류의 재생에너지 개발은 토지이용의 한

계 때문에 농업부문 식량생산과 충돌하게 된다. 그러나 농업부문의 기술발전으로 식량생산 단위당 토지투입량은 감소함으로 토지가 재생에너지 개발의 한계가 되지는 않을 것으로 예상된다.

원자력에너지

원자력에너지의 미래는 핵폐기물 처리문제, 원자로 안전성, 핵물질 확산문제에 달려있다. 상당수의 개도국이 원자력발전소 건설을 희망하고 있기 때문에 이 문제에 관한 범세계적 보장이 필요하다.

이것은 원전산업의 지속적 기술발전을 바탕으로 하여 핵에너지의 필요성에 대하여 사회적 공감대가 형성될 수 있을 때 가능하다.

사회적 인식의 변화는 예측가능한 변수가 아니다. 따라서 핵에너지의 미래는 매우 불확실하다. 이제까지 축적된 핵에너지 기술을 계속 보존하면서 미래 여건 변화에 적응할 수 있는 준비를 갖추어야 한다. 이를 위해서는 핵에너지의 전문분야에 걸쳐 광범위한 연구개발이 추진되어야 한다.

석탄

석탄산업의 미래는 매우 어둡다. 전세계가 수백년을 쓸수 있는 풍부한 자원임에도 불구하고 환경에 대한 부담때문에 소비자들로부터 외면당하고 있다.

기후변화협약의 진행도 석탄산업의 장래를 어둡게 하는 요인이다. 기술개발 측면에서도 석탄은 석유와 천연가스에 뒤지고 있어서 성장을 제약한다. 석탄산업의 활로는 석탄액화와 기화의 전환과정을 거쳐 기존의 석유 가스 유통망에 투입되는 것이다.

그러나 이것은 기술발전을 전제로 하기 때문에 낙

관할 수 있는 대안이 아니다. 석탄 사용은 일부 개도국에 국한될 전망이다. 이로써 당사국은 물론 주변국가에도 심각한 환경문제가 발생할 것이다.

에너지와 환경

에너지소비에 따른 환경피해는 (1)도시 대기오염 (2)산성비 (3)지구온난화로 구분할 수 있다. 이중 지구온난화는 미래에 예상되는 환경피해이다.

에너지소비에 따른 환경피해는 환경보전과 개선에 있어서 무능력자인 개도국에 집중될 것이다. 개도국은 가난에서 발생하는 환경피해와 경제개발에서 발생하는 환경피해의 이중고를 겪고 있다.

전자에 속하는 것은 수질오염, 식수부족, 조악한 위생체계, 밀림개간, 분진등이다.

선진국들은 이 모든 환경문제들을 경제발전의 과정에서 단계적으로 처리해 올 수 있었다.

그들에게 있어서 환경문제는 발전에 따른 추가적인 문제였으며 경제발전은 이들에게 경제적, 기술적 해결 능력을 제공했다.

그러나 개도국에게는 단계적 해결의 혜택이 주어지지 않는다. 경제발전은 초보적 수준인데 환경피해는 자생적 해결 능력과는 무관하게 발생하고 있다. 개도국의 환경문제는 총체적인 것이다. 선진국은 기후변화만 걱정해도 되지만 개도국은 식수부족은 물론 산성비도 걱정하며 이제는 기후변화까지도 걱정하도록 요구받고 있다.

아시아 지역에서 현재와 같은 추세로 석탄소비가 계속될 경우 15년후에는 세계에서 가장 황산화물 배출이 높은 지역이 되며, 생태계가 적응할 수 있는 임계점을 10배나 초과한다.

이에 따라 아시아 지역의 식량생산에 큰 타격이

예상된다. 환경개선 투자는 이러한 피해를 줄인다. 그러나 투자비 부담이 적지 않다. 최소한도 GDP의 0.4%가 황산화물 감소를 위한 투자에 배분되어야 한다. 이것은 OECD의 2배 수준이다.

개도국이 황산화물 감소의 투자를 할 것인지는 각국의 경제발전 정도와 대기오염의 심각성, 환경문제 의식, 경제개발 투자와의 관계등을 위해 다양한 결과를 보일 것이므로 일반화할 수는 없다.

그러나 분명한 사실은 황산화물 감소투자가 기후변화 대책투자보다 우선할 것이라는 점이다.

전자는 즉각 효과를 볼 수 있으나 후자는 언제 무슨 효과를 보는지 불확실하며, 개도국으로서 투자를 해야 하는 인센티브도 없다. 이것은 기후변화협약의 향후 전개방향에 대해 중대한 의미를 준다.

기후변화 대책과 에너지

지난 3월 베를린에서 열린 기후변화협약 가입국 제1차 총회는 앞으로 2년 이내에 의정서를 작성하기로 합의했다.

선진국 감축의무의 강화가 그 주요 내용이 될 것으로 예상되며, 아울러 신흥공업국의 감축의무에 대해서도 논의가 있을 것으로 예상된다.

기후변화는 지구온난화의 결과이다. 그런데 지구온난화 현상의 발생원인은 60%가 화석에너지 소비였다. 화석에너지 수급체계는 현재 세계경제를 움직이는 동맥과 같다고 할 수 있다. 따라서 온난화가스의 감축은 전세계 에너지 인프라를 비화석에너지 체계로 바꾸는 것을 의미한다. 체제 조정의 폭은 온난화가스 감축 필요량에 의해 결정될 사안이다.

감축의 필요량에 관한 결정은 기후변화협약의 핵심이다. 이산화탄소의 배출을 현재수준에서 동결한

다 해도 지난 200년 동안의 배출로 누적되어온 온난화가스 때문에 지구는 계속 더워질 수밖에 없다고 과학자들은 IPCC보고서에서 밝혔다.

따라서 지구온난화를 막기 위해서는 이산화탄소의 배출을 현재보다 줄여야 한다는 것이다.

만약 지구가 약간 더워지는 것을 허용한다면 이산화탄소 배출은 계속 증가할 수 있는 것인가? 즉, 화석 에너지 공급체계는 계속될 수 있는 것인가?

과학자들은 탄소순환모델을 사용하여 대기중 이산화탄소 농도를 현재보다 50% 증가한 수준에서 동결하는 경우(550ppmv)와 2배 증가한 수준에서 동결하는 경우(750ppmv)의 이산화탄소 연간 배출량을 각각 계산해서 현재 배출량과 어떻게 비교되는지를 분석했다.

그 결과는 이산화탄소 배출량은 어떤 경우라도 현재 수준이하로 감축되어야 한다는 것이다.

대기중 이산화탄소 농도 550ppmv는 세계경제가 산업화하기 이전의 이산화탄소 농도의 2배가 되는 수치로서 지구온난화와 기후변화 연구에 있어서 하나의 기준이 되는 수치이다.

전세계 평균 1.5~4.5도의 지구온도 상승의 예측도 550ppmv를 가정했을 때의 경우이다.

따라서 750ppmv의 경우에는 상당한 온난화를 의미한다. 즉 4.5도 이상 온도가 올라가는 것을 허용한다 해도 이산화탄소 배출은 현재보다 줄어야 한다는 것이다. 따라서 이산화탄소 배출이 이제까지의 추세대로 아무런 제약없이 계속 증가한다면 지구온난화와 기후변화는 피할 수 없는 현상이 된다.

지구가 더워졌을 때 경제적 이해득실은 무엇인가?

열대권의 확대, 사막화 가속, 저지대 침수, 태풍, 가뭄 등 기상이변의 돌출 빈도증가, 이로 인한 생태계

의 충격과 대규모 환경난민의 등장 등 기후변화는 인류의 경제사회에 전무후무한 충격을 초래할 것으로 예상된다.

생태계의 변화는 원상회복이 불가능하다는 점, 변화 속도의 예측 불가능성과 불연속적 변화의 가능성 등은 기후변화 영향에 대한 불확실성을 증폭시킨다.

경제학자들은 이산화탄소 농도가 550ppmv수준에서 고정된다는 전제 아래 기후변화의 다양한 영향을 시장가치로 전환시켜 온난화의 사회적비용을 계산했다.

IPCC보고서에 의하면 선진국의 경우 현재수준 GDP의 2%, 개도국의 경우 현재수준 GDP의 9% 정도의 사회적 순수실이 발생한다. 선·후진국간의 이같은 차이는 개도국 경제가 기후변화에 민감한 1차산업 위주로 구성되어 있는데서 비롯된다.

기후변화의 사회적비용에 관한 분석은 할인율의 선정, 시장거래의 대상이 아니거나 시장이 존재하지 않는 활동에 대한 시장가치 설정방법 등 난제를 안고 있다.

예를 들면, 기후변화 때문에 발생하는 인명손실은 어떻게 시장가치로 표시할 것인가?

잠재소득의 상실 현상으로 해석하는 경제학자들의 분석개념과 기법에 대해 IPCC의 개도국 회원들은 극렬한 반대의견을 개진했으며, 경제학자와 환경주의자간에 첨예한 대립을 보이기도 했다.

여하간에 기후변화는 사회적 순수실을 초래하며 개도국의 손실이 상대적으로 더 크리라는 것이 연구의 합의점으로 나타나고 있다.

따라서 기후변화 방지대책은 경제적 합리성과 당위성을 갖게 된다.

첫째, 방지대책의 비용이 기후변화의 사회적 순수실보다 적다면 그 비용을 들여 기후변화를 억제하는

것이 경제전체의 부와 복지를 증진시키는 것이다.

에너지 효율개선을 추진하는 것은 비용효과적 기후변화 대책의 대표적 사례라고 할 수 있다. 에너지 효율개선은 지구온난화 방지 효과 이외에도 에너지 비용절감, 환경오염 감축의 효과도 가져온다.

따라서 만약에 지구온난화는 문제가 아니라고 나중에 번복되는 일이 생긴다해도 에너지 효율개선의 경제적 혜택은 계속 존재하게 된다. 이 때문에 에너지 효율개선 대책은 “후회없는 기후변화 방지대책”이라는 별칭이 붙어져 있다.

IPCC는 에너지 효율개선 대책의 총괄적 효과는 효율개선에 소요되는 비용을 보전하고도 남는다고 보고하고 있다.

그러나 개도국 인구증가와 경제성장 때문에 에너지 효율개선 대책만으로는 기후변화를 방지할 수 없다고 지적하고 있다. 비화석에너지로의 전환이 불가피하다는 것이다.

둘째, 방지대책의 비용이 기후변화의 사회적 순손실을 초과하는 경우에도 그 대책은 경제적 타당성을 갖게 된다.

초과분은 위험할중료로서 미래의 기후변화 불확실성을 줄이고 위험을 회피하려는 소비자의 합리적 선택을 반영하기 때문이다. 연구개발 투자가 이의 대

표적 사례이다.

기후변화에 대한 연구개발은 기후변화의 불확실성의 폭을 줄이는 동시에 미래에 선택할 수 있는 대안의 폭을 넓히는 효과를 가져온다. 아울러 기후변화 연구개발의 외부 경제효과도 감안해야 한다. 비화석 에너지 기술, 에너지 효율개선 기술의 연구개발은 다양한 외부 경제효과를 수반한다.

우리나라의 당면과제

이같은 세계에너지 여건을 감안할 때 한국이 당면할 최우선 과제는 에너지투자 재원의 확보와 에너지 분야 기술개발이다.

앞으로 15년후 한국의 에너지수요는 지금의 2배가 된다. 석유, 가스, 전력공급 능력의 지속적 확충을 위해 민간자본과 국제자본 금융시장 의존도는 증가할 수 밖에 없다. 이 과정을 통해 민영화와 경쟁화 추세는 더 가속될 것이다. 이것은 에너지산업의 발전을 위해서도 바람직하다.

앞으로 비화석에너지 기술에 대한 연구개발이 강화되어야 한다. 이산화탄소 배출감소를 위한 연구개발은 에너지부문은 물론 경제 전부문의 효율을 높이는 신기술 개발효과를 가져올 수 있다.

아울러 선진국의 비화석에너지 기술개발에 경쟁적으로 대처하는 효과도 얻을 수 있다.

기후변화 대책 때문에 미래 에너지시스템은 비화석에너지 수급체계로 변모할 수 밖에 없다. 연구개발을 통한 대응전략의 모색이 최선의 정책이다. 이를 통해 지속가능한 에너지 수급체계를 정립해야 한다.

