



가

청솔투자클럽 : ( <http://cafe.naver.com/pineinvest.cafe> )

연 구 원 : 초록진주(napearl88@naver.com)

작 성 일 : 2005년 8월 29일

연 락 처 : 02-2051-2029

1 :  
2 : 가  
3 :

[ ]

청솔 밸류리서치 History (2005년 8월 29일 기준)

No.	종목	애널리스트	작성일	작성일종가	적정주가	현재가	수익률
1호	유니슨	선댄스키드	2004-12-10	5,450	15,000	10,300	89.0%
2호	파라텍	아망	2004-12-21	2,000	6,000	3,540	77.0%
3호	코위버	아망	2005-03-07	4,710	9,000	6,840	45.2%
4호	케너텍	삼죽오	2005-06-08	9,150	13,000	11,800	29.0%
5호	삼우이엠씨	아망	2005-08-08	4,580		4,490	-2.0%
청솔 밸류리서치 평균수익률							47.6%

※ 1) 1호 유니슨은 04년12월10일 9,400원에서 05년 2월 10일 적정주가 상향 기준임

2) 5호 삼우이엠씨 부터는 자체내 판단에 의해 적정주가 표기 생략

- 1. 에너지원의 변천사
- 2. 에너지 위기론의 반복
- 3. 뜨거워지는 지구
- 4. 소 결 - 대체 에너지원의 필요성 대두

1부 : 대체 에너지원의 필요성 대두 참조

## 가

- 1. 에너지 위기는 시작 되었다
- 2. 세계 에너지 소비 현황
- 3. 세계의 에너지 공급 현황 및 잉여 공급 능력
- 4. 이미 석유의 위기는 시작 되었다.
- 5. 저유가 시대의 종말, 고유가 시대의 도래
- 6. 소 결 - 콜라 보다 싼, 저유가 시대는 끝났다.

2 부 : 석유의 수급 불균형과 저유가 시대의 종말 참조

1 신에너지 산업에 대한 인식 변화 .....	4
2 신재생에너지의 정의 .....	8
2.1 신재생에너지 특징 .....	8
3 신재생에너지 현황	
3.1 신재생에너지 지원 정책 .....	10
3.2 세계 신재생에너지 현황 .....	11
3.3 국내 신재생에너지 현황 .....	14
3.4 글로벌 기업들의 신재생에너지 투자 .....	16
3.5 에너지, 환경 펀드 .....	17

## 4 신재생에너지원별 검토

4.1 풍력 에너지	20
4.2 태양 에너지	27
4.3 바이오 에너지	36
4.4 수소 에너지	42
4.5 연료 전지	44

## 5 원자력은 대안이 될 수 있는가

5.1 세계 원자력 현황	47
5.2	50
5.3 원자력이 대안이 될 수 없는 이유들	54

## 6 국내 산업별 에너지 소비구조의 심각성

6.1 고유가로 기업의 채산성 악화	60
6.2 산업별 에너지 비용	65

## 7 신재생에너지의 경제성 검토

7.1 에너지원별 경제성 검토	75
7.2 범지구적 환경 규제로 인한 경제성 검토	76
7.3 에너지원별 수익 회수 기간	77

. - IMF, ..... 80

## 1.

한국의 에너지 산업은 경제 성장을 최우선 목표로 하는 한국 정부로부터 가격 통제를 받고, 제한된 수익이 창출되는 한계 성장산업 분야였으며, 에너지 정책 역시 화석 연료와 원자력에 의존하여 에너지 확보와 안정적 공급에만 초점이 맞춰져 있었다.

정부는 에너지 산업을 독립된 산업 부문으로 인식하기 보다, 한국의 경제 성장을 위한 보조적 산업 분야로 인식하고, 경제개발계획의 일부로서 화석 연료 산업의 성장을 강조해왔다. 한국의 수출 산업들이 세계 시장에서 경쟁력을 확보할 수 있도록 하기 위해 에너지 가격을 통제하는 한편, 낮은 에너지 가격을 유지하기 위하여 화석연료 산업에 보조금을 지급하면서, 에너지 산업을 이끌어 왔다. 한국의 경제 발전은 이러한 국가적 차원의 낮은 에너지 가격 공급을 기초로 성장해 왔던 것이다.

그러나, 이런 낮은 에너지 가격 구조는 에너지 소비의 급격한 증가를 초래했고, 이것은 결국 수입 에너지에 대한 의존도를 높이는 결과를 가져왔다.

2003년의 경우, 수입에너지가 총 에너지 소비의 97%를 차지했고 에너지 수입에 지출된 금액이 국가 전체 총 수입액의 22%에 달했다. 같은 해 석유 수입에 지출된 금액은 에너지 수입에 쓰여진 총 금액의 80%를 점했다. 다른 OECD 국가들은 석유 수입에 GDP의 1%미만을 지출하는데 비해, 한국은 GDP의 8%를 지출하고 있어 상대적으로 한국 산업들의 국가 경쟁력이 국제 유가에 민감해지는 결과를 초래 하였다.

수입 석유에 대한 의존도가 높다는 사실은 한국의 에너지 체계가 그만큼 환율의 변화나 국제 유가 시장의 경기변동, 또 석유수출국의 불안정한 정치상황에 대해 취약성이 높다는 것을 의미한다. 더욱이 국가 에너지 공급의 97%가 수입에 의존하고 있음에도, 그 공급처 또한 다변화 되지 못하고, 여전히 중동지역에 편중되어 있다. 보통의 경우는 대량 구매자가 어느 정도의 가격 결정권을 가지게 되어 있지만, 국제 유가는 전적으로 공급자 위주의 가격 구조와 인수 조건의 무조건적 수용이란 매우 불합리한 교역 조건을 가지고 있다. 한마디로 수요자측이 모든 리스크를 감내하는 매우 경직된 가격 구조가 형성된 분야이다.

그로 인해 에너지 산업분야는 예측 불가능한 대외 변수들과 투자 회수 기간이 느린 대규모 장치 산업이면서, 수익 극대화가 어려운 한계 성장 산업으로 분류되어 투자자들로부터 외면 당해 왔다.

정리하면 한국의 에너지 산업이 투자가들로부터 외면 받은 원인은 크게 세가지로 요약 될 수 있다.

- 첫째. 정부의 가격 통제에 의한 제한된 수익 창출로 한계 성장 산업으로 분류. 수익 극대화 불가
- 둘째. 환율과 국제 유가에 대한 리스크가 항시 상존하여, 투자 예측 불가
- 셋째. 편중된 공급처의 불합리한 인수, 가격 조건의 무조건적 수용으로 수익 예측 불가

이것이 그 동안 투자가들로부터 구 에너지 산업분야가 외면 당해온 원인이라고 할 수 있다.

그러나, 국민 소득 증대로 냉방기기 보급, 전자제품의 다양화, 자동차 보유 대수의 증가 등으로 에너지 소비의 고급화 현상이 가속화되고 있으며, 소비자들의 편의성 추구에 따라 전기, 난방, 온수에 정보통신분야를 결합한 통합 에너지 서비스 시대가 도래할 전망이다.

이제 100 여 년을 이어 온 구 에너지 시스템은 더 이상 소형화, 다양화, 첨단화 되는 21 세기 흐름에 거스를 수 없게 되었다. 물론 이를 좀더 활발하게 촉진시키는 것은 **석유의 수급불균형이 야기시킨 고유가 시대 도래일 것이다.** 그러나, 이미 고유가 시대에 앞서 소비자 니즈 역시, 좀더 소형화, 다양화, 첨단화된 신에너지 시스템 구축을 요구하는 추세라 할 것이다. 이는 21 세기를 맞아 중앙 집중적이고 거대화된 구 에너지 시스템으로 경제성을 잃게 될 것임을 의미한다.

세계 에너지 시장 역시, 80년대 이후 시장경제 원리에 따른 에너지 산업의 자유화.개방화.구조개편 및 국제적 M&A 가 확산되고 있으며, 국내 에너지 산업도 민영화와 개방화에 따라 점차 시장경쟁체제로의 전환을 도모하고 있다. 이에 따라 에너지 시장 역시 국경과 영역이 없는 무한 경쟁 시대로 진입할 것이며, 내부적으로는 에너지원들끼리 상호 경쟁하는 복합 에너지시대가 본격적으로 도래할 전망이다. ( ex. 화력발전을 석유로 할 것인지, 가스로 할 것인지와 같은 경쟁 )

또한, 한국 에너지 산업이 직면하고 있는 중요한 정책 과제 중의 하나는 **과연 현재 부터 2020년까지 추가로 발생할 약 1억 TOE 규모의 에너지 수요를 어떻게 조달할 것인가 이다.** 여기서 고려 해야 할 제약 조건 중 가장 우선시 되는 것이 어떻게 국내 경제 성장에 타격을 줄이면서, 국내외 환경 피해를 최소화 할 것이냐 하는 점이다. 이는 고유가 시대에 접어들면서 한국뿐만 아니고 전세계 경제가 직면한 문제점 이기도하다.

과연 한국 정부는 고유가 시대를 맞아 2020년까지 추가로 발생할 1 억 TOE 규모의 에너지 수요를 어떻게 조달 할 것인지? 아니 조달 할 수는 있을지? 그리고, 그 동안 펼쳐 왔던 자국 산업 보호를 위한 에너지 가격 통제에 한계점은 어느 시점이 될지? 정확하게 국제 유가 몇\$ 수준에서 백기를 들게 될지? 그야말로 일촉즉발의 위기가 아닐 수 없다. 과연 낮은 에너지 가격 공급하에 발전된 한국의 산업들은 이러한 위기 의식을 얼마나 인지 하고 있을런지?

이렇듯 에너지 산업 분야는 외부적으로는 국제 환경 규제에 의한 통제와 수급 불균형으로 인한 고유가 시대를 맞고 있으며, 내부적으로는 소비의 고급화와 소형화, 민영화, 개방화가 추진되고 있다.

동시에 에너지 산업은 경제와 산업 전반에 근간을 두고 있는 분야여서 **에너지의 원활한 공급을 무엇보다도 우선시 하는 공공성을 가지고 있다.** 마치 전세계 모든 경제와 산업이 이 에너지란 거미줄 위에서 형성되고 발전되는 형국인 것이다. 결코 성장해도 좋고, 성장이 늦어도 좋은 그런 산업분야가 아니다. 시장 경제 원리에 의해 수급 불균형으로 가격이 상승한다고 공급이 중단되어도 괜찮은 분야가 결코 아닌 것이다. 소비심리 악화로 소비가 줄어들어도 원활한 공급을 위해 오히려 비축분을 쌓아야 하는 국가안보적 개념의 공공성이 우선인 분야이다.

이는 모든 산업과 경제가 안정적 에너지 공급 위에서만이 성장 가능하기 때문이다. 이것을 그동안 안일하게 한정된 유한 자원으로 충원했던 것이 우리가 살아온 현실이며, 향후 지속적 성장을 위해 재생 가능한 분야로 변천해야 하는 것이 위기의식의 시발점이다. 결코 고유가 하나만이 신에너지 산업의 시발점이 되는 것이 아닌 복합적 이해 관계임을 인식했으면 한다.

최근 태양광, 풍력 등 세계적으로 연평균 20~30% 급신장하는 **신재생에너지 산업은 IT, BT<sup>1</sup> 등 과 함께 21C 첨단 신산업으로 급부상하고 있으며,** 각국 정부는 경쟁적으로 정책 지원책을 내놓고 있다. 이는 재생 가능한 미래 에너지원의 선점 및 확보가 국가 경제의 지속적 성장을 담보로 한 분야여서, 산업 기반과 국가 에너지 안보 차원에서 긴박하게 성장 시켜야 할 산업으로 주목 받고 있기 때문이다.

더욱이 장기 추세화 되고 있는 국제 유가는 각국 정부에게 숨돌릴 여유조차 주지 않고 가파른 상승세를 이어가고 있다. 이미 세계 리딩 국가들의 신.재생분야의 기술 축적과 경험이 상당한 상황에서, 거대 글로벌 기업들의 신.재생 에너지 분야의 투자가 활발하게 이뤄지고 있는 상황이다.

모든 초기 산업 분야가 그렇듯 초창기에는 정부 지원책에 힘입은 소극적 민영화 전환 시장이 형성되겠지만, 현재 신재생에너지에 대한 안일한 대처 상황으로 볼 때 고유가 시대가 지속될 경우, 오히려 가파르고 대형화된 민영화 추세가 이뤄지면서 자칫 투기붕이 형성될 가능성도 있다. 그리고, 이는 준비된 투자자들로 하여금 새로운 신시장 도래라는 기회를 제공하게 될 것이다.

또한, 경제 성장과 환경이란 상충된 정책 방향성은 에너지 산업에 환경을 플러스 시킨 신시장을 만들 것이며, 국제 환경규제와 에너지 고급화 현상, 석유 수급불균형이 불러온 고유가 시대는 신.재생 에너지 산업 분야의 활발한 투자를 이끌어 낼 수밖에 없는 것이다.

특히, 중앙 집중적이고 대형화로 경직적이던 에너지 체제가 수요자 니즈에 맞게 분산화, 소형화 된다는 것은, 그 동안 거대 장치 산업으로 거대 자본이 투자 되어야만 하던 산업분야가 소형화 분산화 되면서 누구나 기술력을 바탕으로 소자본 참여가 가능해진다는 것이기에 시장 규모대비, 신에너지 산업은 혁명적 전환을 맞게 되는 것이다.

---

<sup>1</sup> BT(생명공학기술) : Biotechnology Technology의 약자인 BT기술은 생명현상을 일으키는 생체나 생체유래물질 또는 생물학적 시스템을 이용하여 산업적으로 유용한 제품을 제조하거나 공정을 개선하기 위한 기술이다.

소비자 입장에서는 다양한 전력의 선택이라던가, 아파트별로 자체 내 전력 구매가 가능해 지는 시대가 도래하는 것이다. 하여, 현시점 어느 기업이 이러한 시장에 선점권을 가지고 있는지, 어느 기업이 발 빠르게 시장을 장악해 들어 오고 있는지 주목해야 할 것이다.

전세계가 가진 궁극적인 목표는 석유계 화석연료를 모두 재생 가능한 재생에너지로 전환 시킴으로서, 에너지 종속 관계로부터의 해방이며, 신에너지 산업이란 매력적인 수익 창출을 선점하려는 자본 활동이라고 할 수 있다. 우리는 한 세기에 한 번씩 나타나는 에너지 혁명의 목전에 살고 있는 것이다.

인류는 휴대전화를 구입하기 위해 연간 80 조원을 지출하고 있으며, 쌀을 구입하기 위해 350 조원, 자동차를 구입하기 위해 800 조원, 전자제품을 구입하기 위해서 1,000 조원을 대략 지출하고 있다고 한다.

그리고 에너지를 구입하기 위해서 매년 대략 2,000 조원을 지불하고 있다고 하니, 실로 엄청난 시장이 다가 오고 있는 것이다. 게다가 신에너지 산업은 에너지원 그 자체 시장도 크지만 에너지원의 변화는 에너지를 동력으로 사용하는 모든 산업의 근간이 바뀌게 되는 것이기에, 우리가 여태까지 단 한번도 경험해 보지 못한 엄청난 시장 규모 앞에 서 있다고 할 수 있다. 에너지원의 변화는 세계 경제의 새로운 강자와 산업 전반의 판도를 바꿀 획기적인 혁명이며, 인류 문명과 생활을 새롭게 바꾸어 놓을 일대 혁신이 될 것이다.

이제 더 이상 에너지 산업의 가격 통제에 의한 경제 발전 도모는 불가능한 시대에 살고 있다.

이제 더 이상 더러운 화석 연료의 사용이 남용되지 못하는 국제 환경 규제 속에 살고 있다.

이제 더 이상 에너지 산업은 수익 극대화가 이뤄지지 않아 지속적인 성장이 어려운 한계 산업분야가 아니다. 투자자들에게 새롭고 획기적인 기회를 제공한 신에너지 산업분야로 인식 되어 할 시점인 것이다. 그 첫번째는 에너지 효율 산업이며, 두 번째는 길고도 긴 신.재생 에너지로의 변천 산업일 것이다. 그 동안 특별한 투자처를 찾지 못하던 세계적인 가치투자가 워렌버핏의 최근 행보가 에너지 산업 분야에 집중되고 있는 것은 좋은 투자의 예가 될 것이다.

본 보고서는 이러한 거대 흐름 속에서 신재생에너지 관련한 다양한 검토를 준비하고 있다. 다소 생소한 분야이고, 보편적으로 자신이 사용하던 에너지원에 대한 익숙함으로 거부감이 생기는 것이 당연하다. 특히 몇 십년 간 정치적 언론 플레이에 의해 익숙해진 에너지원들에게 호의적 경향을 지니고 있음도 알고 있다. 하지만 투자가 입장에서 좀더 냉정하게 코 앞으로 다가온 고유가 시대 자신의 투자 패턴을 그려 보는 계기가 되었으면 하고 희망한다.

## 2.

신.재생 에너지란 화석연료<sup>2</sup>로 대표되는 석탄, 석유, 원자력 및 천연가스가 아닌 에너지로서, 한국은 대체에너지 개발 및 이용.보급 촉진법에 의거 11개 분야를 신재생에너지로 인정하고 있다.

- 재생에너지 8개분야 : 태양열, 태양광발전, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지
- 신 에너지 3개분야 : 연료전지, 석탄액화·가스화, 수소에너지

예전엔 석유를 대체한다는 단순한 의미에서 대체 에너지란 용어를 보편적으로 사용했으나, 최근엔 지속적 경제 발전을 위한 신에너지 분야로 인식 '신재생에너지'를 보다 폭 넓게 사용하는 추세이다.

최근 석유 수급 불균형으로 불거진 고유가 시대에 대한 위기감과 범 지구적 환경 규제로 인해 화석 연료 사용에 대한 비용 추가까지 겹쳐지면서 전 세계적으로 재생에너지원을 이용한 신재생에너지에 대한 관심과 투자가 급격히 증가하고 있다.

현재 선진국에서 활발히 기술개발이 진행되어 실용화 단계에 접어든 신재생에너지로는 태양에너지, 풍력에너지가 주종을 이루며, 태양광, 풍력 등의 신재생에너지 산업은 세계적으로 연평균 20~30% 급성장하여 IT, BT 산업등과 함께 21C 첨단 신산업으로 급부상하고 있는 추세이다.

이에 한국 정부는 2002년 원자력 위주의 정책에서 다소 탈피한, 신재생에너지 활성화 방안들을 내놓고, **태양력과 풍력, 연료전지를 핵심 3대 산업으로** 2010년까지 총에너지 수요의 5%를 신재생에너지 분야로 대체하고자, 지원과 정책 방향성을 펼 것임을 발표하였다.

### 2.1 신재생에너지 특징

- 1) 화석연료 사용에 따른 CO<sub>2</sub> 발생이 없는 **친환경 청정에너지** 이다.
- 2) 재생 가능하여 고갈될 염려 없는 **비고갈성 에너지** 이다.
- 3) 기술연구로 **첨단 에너지화**가 가능 하다.
- 4) 정부지원과 장기 선행 투자가 필요한 **공공 미래 에너지** 이다.

---

<sup>2</sup>  
가



신재생에너지의 특징은 위 네 가지로 요약될 수 있다. 이중 재생 가능하여 고갈될 염려 없는 비고갈성 에너지란 점이 수급불균형으로 인한 고유가 시대에 경제적으로 가장 중요시 되는 사항이라고 할 수 있다. 인류는 결국 물러설 곳이 없이 막다른 골목에 다다라야 자신들이 쓰는 에너지가 유한 자원임을 인식하고 있는 셈이다.

각국 정부는 우선적으로 지속 가능한 경제 발전을 위해 신재생에너지 산업을 육성시킬 에너지 시스템을 구축해 나갈 전망이다.

▶ 신재생에너지 특징과 에너지 시스템 구축도

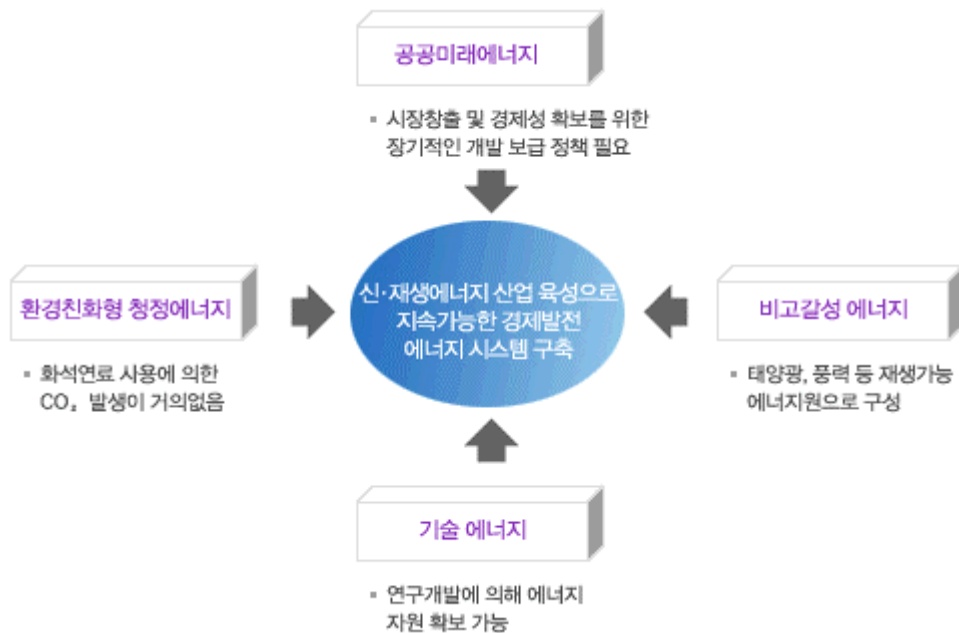


그림 자료 : 에너지관리공단

### 3.

#### 3.1 신재생에너지 지원 정책

구 에너지원이 가진 취약성과 오일 파동 등의 위협적 상황에도 불구하고 신재생에너지 분야가 발전 하지 못한 궁극적인 원인은 신재생에너지 분야의 비경제성에 기인한다. 국가 경쟁력이 견인될 산업 분야는 초창기 미래 지향적 필요성으로 인해 정부의 지원 정책을 필요로 하고, 경쟁력이 확보되면서 자유 경쟁 체제로 들어간다. 이제 인류에게 저유가 시대로 회귀 될 가능성은 없다. 시간차일뿐 유한 자원임을 부인 할 수는 없다. 신재생에너지 분야는 미래 지속적인 경제 발전을 위해 절박하게 발전 시켜야 할 분야이다. 이에 각국 정부는 이미 다양한 지원책을 마련해 두고 있었다. 다만 효율적으로 그 지원책이 산업발전으로 이어지는 계기는 고유가시대가 도래하는 시점이 되는 것이다. 고유가 시대 과연 어떤 지원책들이 있는지 알아보자.

##### 3.1.1 시장 메카니즘에 근거한 인센티브(Market Based incentives)제공

1) 에너지/탄소세(Energy/Carbon tax) : 화석연료와 원자력에너지를 사용하는데 따른 전반적인 사회적 비용(예를 들면 대기오염과 같은 건강에 대한 악영향과 핵폐기물과 관련된 안전과 저장비용 등)을 에너지가격에 반영함으로써 상대적으로 신재생에너지 가격의 경쟁력을 확보하게 하는 정책이다. 또한, 이렇게 거둬들인 세수는 신재생에너지 기술확보 및 보급에 재투자 됨으로써 경쟁력 확보와 더불어 세수 확보란 이중 효과가 있다.

실제로 교토의정서<sup>3</sup> 발효를 앞두고 향후, 화석 연료는 고유가 외에 환경세(영국,일본), 탄소세(한국)와 같은 세금을 부과 시킬 전망이다.

2) GREEN세액 공제(green Tax credits) : 에너지효율성과 재생에너지개발은 초기에 고비용이 발생하므로 에너지 효율 사업 및 신재생에너지 산업을 하는 기업 및 투자자들에게 세제 혜택을 주는 제도이다.

3) 녹색 가격(green pricing) 제도 : 대체에너지이용자가 프리미엄을 지불함으로써 지속 가능한 에너지원에 투자하도록 참여를 유도하는 제도 이다. 선진화 될수록 환경에 대한 인식이 빠른 소비층들에 의해 신재생에너지 분야의 발전을 위해 이러한 가격 제도를 선호하고 있다.

---

<sup>3</sup> **교토의정서** : 지구온난화의 규제 및 방지를 위한 국제 협약인 기후변화협약의 구체적인 이행방안으로, 선진국 등의 온실가스 감축 목표치를 온실가스 총배출량의 1990년 대비 평균 5.2% 감축 하기로 합의한 의정서이다.

- 4) 신재생에너지를 이용한 전력의 우선구매 및 차액보전제도 : 정부는 신재생에너지를 이용한 발전 전력은 우선 구매해야 하며, 신재생에너지를 이용하여 생산된 전력의 경우, **생산 가격수준**과 전력 시장에서 거래되는 **판매 가격과의 차액을 지원하는 제도이다.** (2002년 5월 30일부터 시행)
- 5) 공공기관의 신축 건물등에 신재생에너지 이용을 의무화하게 하는 정책 지원 제도이다.
- 6) 신재생에너지 시범마을(Green Village) 확대 등의 지원 : 미국의 태양광 100만호 보급 사업, 한국의 태양광 주택 3만호 보급사업 등 시나, 마을 전체를 대체에너지 보급 프로그램화 하여 신재생에너지 산업을 지원하는 제도이다.

### 3.2 세계 신재생에너지 현황

먼저 주요 선진국들의 신재생에너지 이용 현황과 정책 방향성을 살펴 보도록 하겠다.

▶ **주요 선진국 신재생에너지 공급 현황 및 공급 목표** (단위: %)

	미국	일본	독일	덴마크	이탈리아	네덜란드	스페인	한국
공급비중(2001)	3.7	1.7	2.6	11.1	3.4	1.7	3.7	1.2
공급목표(2010)	4.4	4.4	3	13.5	6.1	2.8	9.9	5

자료 : IEA, 산업자원부. 폐기물 포함, 수력 제외.

주요 선진국들은 전반적으로 우리나라에 비해 높은 신재생에너지 보급률을 보여주고 있다. 이러한 신재생에너지의 보급률은 공급 확대를 위한 정부주도의 노력하에 점차 증가할 것으로 전망되고 있으며 향후 고유가 시대가 지속될 경우 화석 연료 대비 경제성 확보로 인해 그 보급이 예상치 이상의 빠른 속도로 이루어질 것으로 보인다.

지금부터 각 국가들이 신재생에너지를 보급하기 위해 어떠한 노력을 기울이고 있는지 알아보도록 하겠다.

#### 3.2.1 미국

세계 에너지 소비의 24%를 차지하는 미국에게 석유 수급 불균형등의 에너지 문제는 특히나 예민한 문제이다. 미국은 2001 년 기준 약 8.6 억 TON, 전체 에너지 사용량 대비 3.2%의 신재생에너지를

사용하고 있으며 2010 년까지 전체 에너지 사용량의 4.4%를 신재생에너지로 공급할 계획을 가지고 있다.

지속 가능한 발전을 위한 대통령자문위원회에서는 신재생에너지의 환경적 우수성을 높이 평가하여 2010 년까지 재생에너지가 전체 에너지 공급의 12%, 2025 년까지 25%를 공급해야 한다고 건의하고 있다.

이러한 목표를 달성하기 위해 미국 정부는 공공 편익 부과금 제도라는 것을 사용하고 있다. 공공 편익 부과금 제도란 kWh 당 0.1~0.3 센트의 세금을 부과해 이 수익금을 에너지 효율 개선 자금이나 신재생에너지 개발금으로 지원하거나, 발전단가 차액 지원, 소득세 감면 등을 통하여 신재생에너지 보급을 촉진하는 제도이다. 현재 31 개 주에서 이 법령을 시행 중이며 이 제도로 인한 수익금은 캘리포니아주의 경우 연간 약 4,300 억 원, 매사추세츠주의 경우 약 1,800 억 원, 뉴저지 주의 경우 약 1,500 억 원 정도에 이르는 것으로 집계되고 있다.

이외에도 미 정부는 백악관을 비롯한 연방, 주 정부 관공서 건물에 절전 시스템 및 신재생에너지의 도입을 적극적으로 추진하고 있다. 현재 15 개주 정도가 이러한 신재생에너지의 도입을 법제화해 적용하고 있으며, 유타주 정부 환경국의 경우 태양광 전지판을 이용해 건물은 물론 가로등의 에너지 까지도 자체 충당하고 있는 상태이다.

### 3.2.2 영국

유럽에서 가장 풍부한 신재생에너지 자원을 보유한 국가 중 하나인 영국은 그 중에서도 특히 풍력 자원 이 풍부한 것으로 평가되고 있다. 세계에서 가장 효율적으로 농업이 진행되고 있는 국가 중 하나인 관계로 바이오매스 에너지의 잠재력 또한 매우 큰 편이며, 긴 해안선으로 인한 조력과 파력 등의 해양 에너지 개발 가능성도 높은 편이다.

영국 정부는 1990 년부터 신재생에너지 개발과 이용을 확대하기 위한 정부의 재정지원을 늘렸지만 실제 전체 에너지 수요량 대비 신재생에너지의 사용 비중은 크게 늘지 않았으며, 전체 에너지에서 신재생에너지가 차지하는 비중은 2002 년 기준 EU 15 개국 중 14 위인 1.5%이다.

풍부한 신재생에너지 자원을 가지고 있음에도 불구하고 영국의 신재생에너지 보급이 부진한 이유는 정부의 기획 및 구조적인 미비와 함께 신재생에너지 보급에 대한 정책적인 지원 의지가 부족했기 때문으로 판단된다. 2002 년 영국 정부는 재생에너지 개발을 위한 새로운 법령과 제도를 개 선하여 2011 년까지 10.4%로 신재생에너지 비중을 늘리는 획기적인 목표를 설정하고 이를 뒷받침 할 제도를 정비 보완하였다.

영국은 신재생에너지 기술개발의 선택에 있어서 풍력 발전을 최우선 순위로 보고 그 다음을 바이오매스로 설정하였다. 현재 영국의 바이오매스 자원 잠재력은 풍력보다 풍부한 것으로 평가되고 있으나, 영국 정부는 풍력 발전에 더 많은 연구개발 투자를 한 상태이며 바이오매스의 경우 아직 제반 기술들이 충분히 입증되어 있지 않은 상태이다.

2001 년에 계획된 18 개의 해안 풍력단지 건설은 영국의 신재생에너지 개발 사업의 성장을 이끌어 나갈 것으로 보인다. 바이오매스의 경우에도 풍부한 자원으로 인해 개발 잠재력이 큰 것으로 판단되며, 이러한 바이오매스 사업은 영국 내의 농촌 환경에도 큰 영향을 미칠 것으로 보인다.

### 3.2.3 일본

일본은 2001 년 기준 전체 에너지 사용량의 약 1.7%를 신재생에너지로 공급하고 있으며 2010 년 까지 그 비중을 4.4% 수준으로 높이기 위해 2020 년까지 시행될 예정인 New Sunshine 프로젝트를 수행 중에 있다.

Sunshine 프로젝트에 의하면, 일본은 ‘기술 개발’, ‘실증화 점검’, ‘시장 메카니즘에 의한 도입 촉진’ 등을 통해 신재생에너지의 보급을 장기적이고 단계적으로 수행할 계획을 가지고 있다. 즉, 각종 세제 혜택과 용자 지원 등을 통해 신재생에너지를 개발하고 초기 시장을 형성하여 기업들을 유인하는 방식으로 점진적으로 신재생에너지의 보급을 확대시켜 나갈 계획이다.

이 외에 일본은 ‘신재생에너지 전력 이용 촉진법’(Law Concerning the use of New Energy by Electric Utilities)을 2002 년 6 월 제정하여 연간 약 7 억 6,000 만 달러에 이르는 금액을 지원하고 있으며 신재생 발전 비율 할당제(Renewable Portfolio Standard)를 시행하여 전기 사업자들에게 신재생에너지를 이용해 발전한 전기를 일정량 판매하도록 의무화하고 있다.

### 3.3 국내 신재생에너지 현황

우리나라에서 신재생에너지의 필요성은 1970년대 석유 파동을 시작으로 대두되기 시작하였으며 KIST를 중심으로 그 연구가 진행되어 왔다. 우리나라 신재생에너지의 발전사를 요약하면 다음과 같다.

1970년대: 신재생에너지 기술의 필요성 대두	석유파동으로 신재생에너지의 중요성에 대해 인식 KIST를 중심으로 태양열, 풍력 분야의 기초 연구를 시작
1980년대: 신재생에너지 기술의 태동기	1987년 '대체에너지 기술개발 촉진법' 공포 80년대 중반부터 태양열 온수기를 중심으로 신재생 에너지 공급 시작
1990년대: 신재생에너지 산업의 성장기	1997년 '에너지 기술 개발 10개년 계획'을 수립, 추진 1997년 '대체에너지 기술개발 촉진법'을 '대체에너지개발 및 이용보급 촉진법'으로 개정 태양열, 폐기물, 바이오 등을 중심으로 보급기반 구축
2000년대: 신재생에너지 보급 활성화, 정착의 시기	2002년 신재생에너지 관련법의 개정으로 신재생 에너지 보급 활성화 촉진 시도 -대체에너지 발전 차액 보전, 인증제도, 공공기관 건물 신축시 신재생에너지 이용 의무화, 대체에너지 개발 보급센터 설립 등

이러한 과정으로 진행되어온 신재생에너지의 보급률은 2003년 말 기준으로 총 에너지 사용량의 1.5%에 달한다.

▶ 에너지 사용량과 신재생에너지 공급률 (단위:만TOE,%)

	1차에너지		신재생에너지		신재생에너지 공급률
	사용량	증가율	공급량	증가율	
1990	9,319	-	34	-	0.4%
1995	15,044	10.1%	91	22.0%	0.6%
2000	19,289	5.1%	213	18.6%	1.1%
2001	19,841	2.9%	245	15.3%	1.2%
2002	20,864	5.2%	292	18.9%	1.4%
2003	21,522	3.2%	326	11.7%	1.5%

자료 : 2003 대체에너지 보급 통계(산업자원부)

그러나, 국내 신재생에너지의 공급을 에너지원별로 분석해보면 폐기물 분야가 전체의 93.28%, 바이오가 4.02%, 태양열이 1.01%, 풍력이 0.15%로 폐기물 분야가 국내 신재생에너지 공급의 대부분을 차지하고 있다.

### ▶ 신재생 에너지원별 공급량 및 비중

	폐기물	바이오	소수력	태양열	풍력	태양광	지열	계
공급량(만TOE)	303.9	13.1	4.7	3.3	0.5	0.2	0.04	325.8
비중	93.3%	4.0%	1.4%	1.0%	0.2%	0.1%	0.01%	100.0%

자료 : 산업자원부, 2003 대체에너지 보급 통계

그러나, 폐기물 재생에너지는 폐기물을 이란 한계 자원을 중심으로 하고 있으며, 환경 문제가 완벽하게 해결 된 에너지원으로 보기도 힘들다. 즉, 1.5%의 한국 신재생에너지 비율은 폐기물을 태워 에너지로 사용하는 매우 낙후한 수준이라고 할 수 있으며, 세계적으로 이미 상업화가 이뤄지고 있는 풍력과 지열의 보급률도 매우 미진한 상황이다.

이에 한국 정부는 제 2 차 국가 에너지 기본계획에 이르러 연평균 3.5%의 에너지 총 소비를 2011 년 까지 연평균 3.1%인 2.7 억 toe 으로 줄이고, 신재생에너지의 비중을 5%까지 끌어올릴 계획을 세우고 있다.

이러한 계획을 달성하기 위해 정부는 태양광, 풍력, 연료전지를 3 대 중점기술개발 분야로 선정하여 집중 지원할 계획이며 장기적으로는 차세대 박막형 태양전지 등 미래 핵심기술의 개발을 추진할 것으로 보인다.

기술개발 외에도 신재생에너지의 보급의 기반 조성을 위해 2011 년까지 100 여 개의 대체에너지 시범 마을의 조성, 태양광 주택 3 만호 보급 사업, 새만금 풍력발전 단지 건설 프로젝트, 공공기관 신축 건물의 신재생에너지 이용 의무화 추진 등 대체에너지 보급 프로그램을 강화하고 신재생에너지에 대한 발전 차익금 지원 제도를 확대해나갈 방침이다.

그러나, 세계 각국 정부가 IT, BT 분야와 더불어 미래 최고의 수익 산업으로 선정하고, 기술 개발에 거대 자본이 투자되고 있는 것에 비하면, 아직도 에너지 산업 분야에 대한 인식이 부족한 것으로 판단 된다.

### 3.4 글로벌 기업들의 신재생에너지 투자현황

신재생에너지로 나아가려는 움직임은 세계 각국의 정부 차원에서만 이루어지는 것이 아니다. 석유에 의존한 에너지 구조에서 벗어나기 위한 노력이 의외로 석유로 막대한 돈을 벌고 있는 메이저 석유 업체들에서 활발한 것은 아이러니이다. 석유 공급에 대해서는 전혀 문제가 없다고 주장을 하는 메이저 석유 업체들조차도 신재생에너지에 대해서 적극적인 투자를 하고 있으며 이들 중에서 가장 주목할 만한 기업은 다국적 석유기업인 셸(Shell)과 영국석유(BP)이다.

#### 3.4.1 셸(Shell)

셸은 석유 뿐 아니라 태양광 발전 부분을 새로운 사업영역으로 신설했고, 1999년 11월에는 독일 루르지역의 겔젠키르헨에 세계 최대의 태양광전지 공장을 설립했다. (연간 최대 생산용량 25Mw). 회사측은 석유 고갈보다 지구온난화를 더 우려하기 때문에 태양광전지 쪽으로 사업을 확장하게 되었다고 주장한다.

2000년 셸 윈드 에너지를 설립한데 이어 2002년에는 지멘스의 태양열 개발사업을 인수하며 태양 에너지 사업에 적극적인 셸은 태양에너지 사업을 더욱 확장하기 위해 향후 5년간 5억 달러에 달하는 금액을 투자할 것이라고 밝히고 있다. 오는 2020년 가용 석유 자원이 감소하기 시작하며 부족한 부분은 풍력 등의 신재생에너지가 보충하게 될 것이라고 전망하고 있다. 태양에너지 이외에도 현대 자동차, BP 등과 함께 미국 캘리포니아주의 연료전지 시범사업에도 참여하고 있다.

#### 3.4.2 BP(영국석유)

세계 3위 석유 회사인 BP도 신재생에너지사업에 적극적으로 투자하고 있다. BP는 2020년까지 세계 에너지 공급의 5%를 신재생에너지로 충당하고 태양광 발전을 통한 판매를 10년 동안 10배까지 증가시킨다는 계획을 세우고 태양에너지 사업을 회사의 3대 핵심사업 중 하나로 선정했다. BP의 자회사 BP 솔라는 태양에너지 발전 생산시스템에서 세계 2위 업체이며 미국, 스페인, 호주, 인도에 생산설비를 갖추고 있고 독일, 영국, 미국 등을 주무대로 활동하고 있다.

BP는 풍력에너지도 투자하고 있는데 네덜란드 합작기업인 네레프코(Nerefco) 정유소에서 22.5Mw 짜리 풍력발전을 운영해 약 2만 가구에 필요한 전력을 공급하고 있으며 또한 1997년 5월 온실가스 감축에 나설 것을 공식 선언한 이래 2010년까지 이산화탄소 배출량을 1990년 대비 10% 저감 시키겠다는 자발적인 목표를 설정하고 있다.



### 3.4.3 기타 기업들

메이저 석유 업체들은 아니지만 GE 와 같은 거대기업도 신재생에너지 사업에 투자를 하고 있는데 2002 년 파산한 엔론의 풍력발전 부분을 1 억 2 백만 달러를 투입해 인수했으며 최근에는 태양열 설비 업체인 아스트로파워를 1,900 만 달러에 인수했다. GE 는 태양력의 생산단가도 현재 Kwh 당 20~30 센트에서 2010 년 8~12 센트로 떨어뜨린다는 목표를 세우고 있다.

워렌버펫의 버크셔 헤더웨이가 투자한 미드아메리칸 에너지홀딩스의 자회사 미드아메리칸 에너지도 3 억 2 천만 달러 규모의 미국 아이오와주에서 가장 거대한 풍력발전단지 개발 프로젝트를 진행하고 있다. 이 풍력발전단지는 180~200 개의 터빈을 갖추고 30 만 가구에 공급할 수 있는 전력을 생산하게 되며 2006 년에 완공될 예정이다.

### 3.5 에너지, 환경 펀드

또한, 각국 정부는 신재생에너지 산업의 초기 거대 투자 자금 확보를 위해, 다양한 금융 투자 상품 개발하여 투자를 촉진 시키고 있으며, 전세계의 거대 금융기관을 중심으로 에너지 효율화와 환경을 위한 프로젝트 투자 펀드를 조성하고 있다. 특히, 교토의정서 발효로 이러한 세계적인 에너지 환경 펀드들은 자본력이 약한 신흥 국가 들의 에너지 환경 기업들을 상대로 수익성과 CDM 투자의 이중 효과를 노리면서 활발하게 조성 될 전망 이다.

#### ▶ 금융기관에 의한 환경 및 에너지 프로젝트 투자 펀드 사례

금 용 기 관	목 적	펀드 규모
세계은행 PCF(Prototype Carbon Fund)	배출량 삭감 프로젝트에 투자	1억 8천만 달러
국제금융공사	청정개발체제 펀드	4천만 달러
네덜란드 Rabobank	청정개발체제 펀드	4천만 달러
벨기에 Dexia, 유럽부흥개발은행	에너지 효율화 배출 삭감 펀드	4천만 유로
프랑스 예금공탁공고그룹	프랑스 재생 에너지 프로젝트	4천 5백만 유로
유럽부흥개발은행	공동이행제도 펀드 검토중	3~4천만 유로
일본(JCPF)	일본 온실가스 감축기금 펀드	1억 4천만 달러
독일재건신용은행, 유럽투자은행	기후변동펀드 설립 검토중	

자료:일본정책은행, 청솔밸류리서치 재구성

세계 은행의 경우 기업이나 정부로부터 받은 기부금을 교토의정서의 공동이행제도(Joint Implementation) 나 청정개발체제(Clean Development)에 따르는 배출량 삭감 프로젝트에 투자하는 PCF(Prototype Carbon Fund) 를 실시하고 있다. PCF 는 캐나다, 일본 등 6 개국의 정부와 17 개 민간 기업으로 구성 되어 있으며, 1 억 8 천만 달러의 예산을 보유하고 있다.

이외에도 네덜란드의 3 대 은행 중 하나인 Rabobank, 국제금융공사가 4 천만 달러 규모의 청정 개발체제 투자 펀드를 조성했으며, 벨기에 Dexia 와 유럽부흥개발은행이 4 천만 유로 규모의 에너지 효율화 배출 삭감 펀드를 조성하는 등 세계 각지에서 온실 가스 억제 프로젝트를 위한 펀드 조성이 활발히 이루어지고 있다.

▶ 신재생에너지 산업 투자 현황

(단위 : 억원)

투자사	신재생에너지원	규 모
GE	풍력발전	1,020
	태양열 설비	190
버크셔해더웨이	풍력발전	3,230
FPL에너지	풍력발전	23,000
PPM에너지	풍력발전	2,000
AEP	풍력발전	1,300

※ 환율 = 1000원

미국의 에너지 정보청(EIA)은 2005년 1~2월 재생 에너지 생산이 2004년 같은 기간에 비해 15.5% 늘어, 미국 전체 에너지 소비 중 신재생에너지 비중이 6.7%에 이른다고 발표하였다. 이에 GE, 로열더 치셀 등 세계적인 에너지 기업들의 신재생에너지 투자로 활발하게 이뤄 지고 있는 추세이다.

대체에너지 수요가 늘면서 관련 설비 산업도 급성장할 전망이다. 시장조사 업체 클리에지는 전세계 태양열 설비 산업 규모가 2003년 매출 47억달러(4조 7,000억원)에서 10년 후 308억달러( 30조원)로 6.5배 성장할 것으로 내다 봤다.

일반인들에게 가장 많은 관심을 받고 있는 분야 중 하나인 자동차 산업의 대체 에너지 바람 역시 이러한 신재생에너지 혁명의 시대의 일환이라고 할 수 있다. 현재는 휘발유와 전지를 겸용하는 하이브리드차가 인기를 얻고 있지만 수소연료전지가 상용화 될 시기도 분명 현세대 이전에 보게 될 것이다.

신재생에너지 혁명의 시대는 단순히 석유의 고갈 우려감이나 수급 불균형으로 인한 고유가 기조만 이 원인은 아니다. 이는 기술 진보로 인한 신재생에너지의 생산 단가가 화석 연료들과 비슷해질 만큼 가격 경쟁력이 생겼기 때문이다.

1980년대 중반까지 풍력 단가는 1kw당 10센트가 들었지만 1990년대말경에는 5센트 이하로 떨어졌다. 최근 고유가 기조 인해 천연가스 발전소의 성장성에 대해 이야기 하지만 실제 성장성은 경제성에 기인하는데 이는 시대 착오적인 발상으로 보인다. 이미 풍력 발전 단가는 천연가스 발전소 단가보다 낮다. GE는 머지않아 풍력 발전 단가를 1센트 더 떨어트려 3.5~4센트 수준인 석탄 발전소보다

효율을 높이는 것을 목표로 삼고 있다. 뉴욕타임즈는 신재생에너지원 중 가장 경제성이 떨어지고 있는 태양열 발전의 가격 역시 지난 30년간 30분의 1 이하로 떨어졌으며 앞으로도 매년 5%씩 단가가 내려 갈 것이라고 보도 하였다.

스코피시 파워의 미 자회사인 PPM에너지의 최고 경영자 테리 휴전스는 “ 풍력 에너지 생산 비용이 낮아지고 천연가스 가격은 상승하면서 풍력이 경제적으로 한층 매력을 얻고 있다”는 전망을 하고 있다.

풍력에 의한 전력 생산은 2003년 36% 급증했고, 태양력의 경우도 21% 늘어났다. 그럼에도 미국 전체 전력 생산에서 신재생에너지원을 이용한 전력이 차지하는 비중은 3% 미만이다. 사실 에너지 산업 분야에서 20% 이상의 급증은 혁명적 증가세라고 할 수 있다. 그럼에도 미국은 향후 풍력과 태양열의 전력 생산량이 향후 5~10년 매년 20%씩 증가할 것임을 예상하고 있다.

특히, 세계적인 투자가 워렌버핏의 아이오아주 최대 풍력 단지 개발 투자나, GE의 신재생에너지 시장 진입은 업계와 투자자들의 관심을 증폭시켰다는 평가다. 이에 로열 더치 셸은 오는 2020년 가용 석유 자원이 감소하기 시작해 부족분은 풍력 등이 보충하게 될 것으로 전망하고 있다.

이렇듯 굴지의 기업들이 참여하고, 풍력에 대한 관심도 높아지면서 자금 조달 수단도 다양화 되고 있다. 텍사스에 기반을 두고 있는 FPL에너지는 그 동안 사모 펀드에 의존해 왔으나, 2003년 세 종류의 채권을 발행해 6 억 2000 만 달러( 6,200억원)를 조달했다. 이는 풍력이 대체에너지 중 가장 먼저 상용화 될 만큼의 경제성을 갖추고 있기 때문이며, 이러한 흐름은 곧 대체에너지원들끼리 상호 보완하면서 확대될 것으로 전망된다.

또한, 일회용으로 소멸되지 않으면서 경제성을 갖춘 풍력, 태양력, 수소 에너지 자원이 보편화 되고 상업화가 이루지는 석유 가격은 배럴 당 48달러 이상일 때 더 높은 상업화의 가능성을 가진다.

사실 재생에너지원의 필요성은 누구나 인식하고 있으며, 유한자원보다 유용함은 당연한 당위성을 가진다. 이는 그 누구도 유한자원이 영원할 거라고 자신 있게 답할 수는 없기 때문이다. 그러나 모든 산업이 미래가 밝고 그렇게 갈 것이라고 해서 반드시 투자 유망 사업이 되지는 않는다. 우리는 미래에 모두 달나라로 여행하는 시대를 살게 될 것이다. 그렇다고 해서 지금 로켓트 산업에 투자 할 수는 없기 때문이다. 문제는 경제성인 것이다. 재생에너지 산업은 자본 집약적인 산업이다. 많은 돈을 지불하고 회수기간은 느린 구조를 가지고 있다. 하여 자연 시장 경쟁이 아닌 정부 정책에 의해 보조를 받아 가면서 상업화를 추진하고 있는 분야이다.

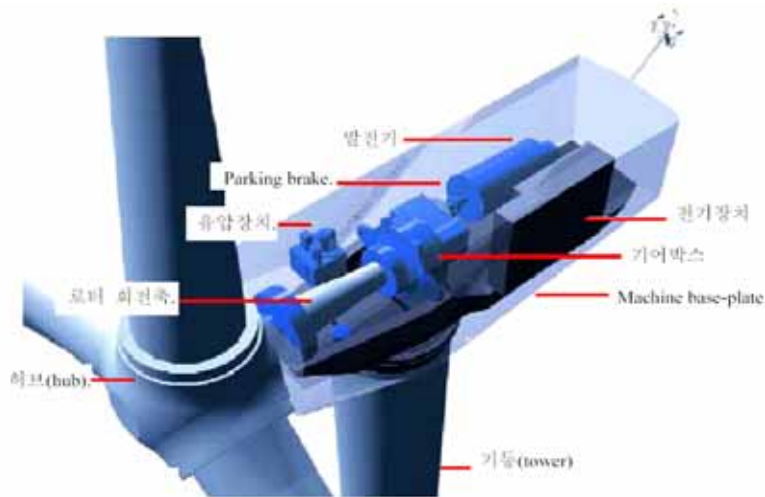
그러나, 이러한 경제성에 대한 논리가 고유가시대하에서는 자유 시장 경쟁에 맡겨도 좋을 만큼, 경쟁력이 확보 되는 것이다.

## 4.

### 4.1 풍력 에너지

#### 4.1.1 풍력 발전의 원리

풍력 발전은 바람의 운동량을 흡수하여 회전력으로 전기 에너지로 변환시키는 것이 풍력 발전 시스템이다. 풍력발전기의 주요구성 요소로는 날개(blade)와 허브(hub)로 구성된 회전자와 회전을 증속하여 발전기를 구동 시키는 증속장치(gear box), 발전기 및 각종 안전장치를 제어하는 제어장치, 유압 브레이크장치와 전력제어장치 및 지지탑(tower)으로 구성된다. 일반적으로 풍력 터빈은 전기적 에너지를 가능한 한 저렴하게 생산하기 위하여 단위 전력 당 원가를 최소화하도록 일반적으로 약 15m/s 정도의 풍속에서 가장 많은 출력을 낼 수 있도록 설계한다. 기보다 강한 바람은 매우 드물게 불기 때문에 강한 바람에서 최대 출력을 낼 수 있도록 설계하는 것은 타당하지 않다. 풍력발전기는 회전자 축의 방향에 따라 1) 수직축 풍력발전 시스템(vertical Axis Wind Turbine)과 2) 수평축 풍력발전 시스템(Horizontal Axis Wind Turbine)으로 나뉜다. 또한 운전형태에 따라 1) 계통연계 운전형태와 2) 독립운전형 으로 나뉜다. 상업용 발전으로 가장 흔하게 보급된 방식은 수평축 풍력발전시스템과 계통연계 운전형태가 사용된다.

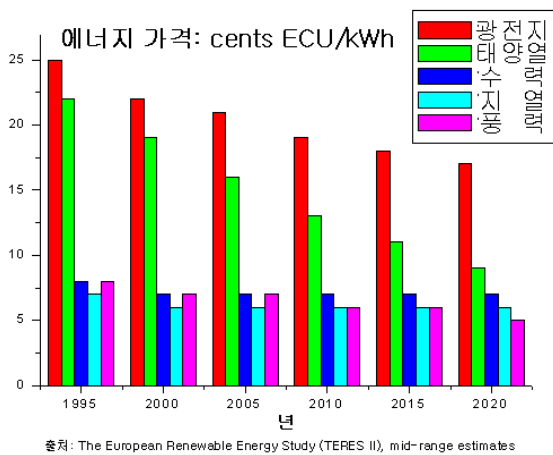


<그림1> 풍력발전기의 구성

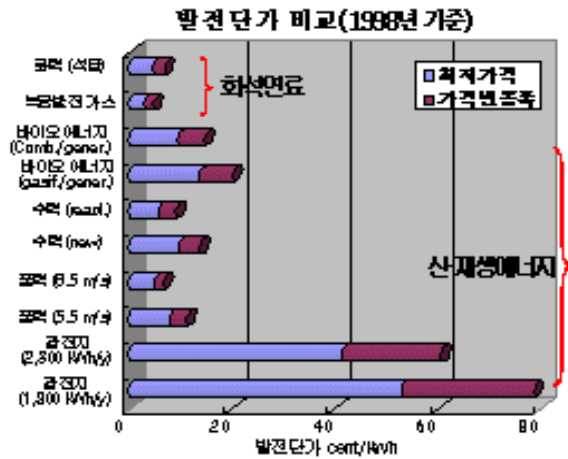
#### 4.1.2 경제성

신재생에너지 가운데 전력 공급원으로써 가장 기술적 성숙도가 높으며 현실적인 경제성을 가지고 있는 에너지원 가운데 하나가 바로 풍력 발전이다. 전력 공급원으로써의 풍력 에너지의 이용은 1세기 이상 전인 1891년 덴마크에서 시작되었으며, 세계기후변화협약과 같은 국제 환경의 변화와 유가상승 그리고 풍력이 가지는 경제성 및 기술의 성숙도로 인해 에너지 산업에서 세계적으로 가

장 빠르게 성장하는 분야이며, 최근 10년간 설치용량이 10배 이상 증가하여 이미 전 세계적으로 약 32,154MW(2002년 말 누계기준)의 풍력발전 시스템이 설치 운전되고 있다. 또한 풍력발전 시스템의 발전단가는 대형화 및 단지화와 함께 지속적으로 낮아지고 있어 '80년대에는 50센트/kWh 내외, '90년대 10센트/kWh 내외에서 2002년에는 3.5센트/kWh 내외로 빠른 속도로 낮아지고 있다. 또한 아래 그림과 같이 다른 신재생에너지와 비교하여 가장 낮은 발전 단가를 가지며 최근에는 기존의 발전 전원과의 경쟁을 하여도 무방할 정도의 경쟁력을 확보할 가능성을 보여주고 있다.



<그림 2> 에너지원별 발전단가 추이



<그림 3> 에너지원 별 발전단가 비교

### 4.1.3 국내외 시장동향

풍력발전시장의 급격한 성장에 따라 국가별로 풍력발전에 관한 지원정책을 활발하게 전개하고 있다. 미국, 덴마크, 독일, 일본이 풍력발전으로 생산된 전력을 의무적으로 매입하고 있으며 설치지원금을 보조하고 있다. 각국의 풍력발전 현황에 대해서 알아보자.

#### 4.1.3.1 국외 풍력발전 동향

##### 1) 덴마크

인구 540만의 덴마크는 풍력발전 개발의 선구자이며, 총 전력소비의 21%를 풍력발전에서 충당하고 있을 만큼 적극적이다. 전세계수치와 비교하면 덴마크의 풍력발전 의존도가 어느 정도인지 짐작할 수 있다. 2010년 까지 덴마크는 총전력 소비의 25%가 풍력으로 대체될 것으로 전망하고 있다.

1979년 풍력에너지를 개발한 이래 현재 풍력발전시설의 40~50%를 점유(2003년 기준 총 8,300 Mw 중 3,200Mw)하고 있다. 기설치 된 설비 공급면에서도 월등하여 2003년 말까지 건설된

40,300Mw 용량의 풍력발전소 수만 기 중에서 45%가 덴마크에 의해 공급되었다.

덴마크에는 세계 제 1위의 풍력발전 기업인 Vestas Wind System 을 비롯하여 NEG Micon , Nordex, Bonous 등을 보유하고 있는데, 이중 Vestas Wind System 은 2004년 NEG Micon을 인수하여 세계 시장점유율을 35%로 끌어올렸다. NEG Micon은 유니슨의 영덕풍력발전에 1.65Mw 풍력터빈인 NM82를 납품한 회사이기도 하다. 2004년 Vestas 그룹의 매출은 3.5조원으로 예상되며 이중 90%가 수출이다.

2009년까지 덴마크는 약 750Mw 규모의 해상풍력발전단지를 건설할 계획을 갖고 있다. 이 계획은 덴마크 자체 전력 확보와 동시에 2010년까지 각각 7,000Mw 와 2,000Mw의 풍력발전시설을 계획하고 있는 영국과 독일의 주문을 따내기 위한 시범단지로서의 역할을 할 것으로 예상된다.

## 2) 독일

덴마크가 풍력기술의 수출에 적극적이라면 독일은 가장 적극적으로 풍력에너지를 활용하는 나라라고 해야 할 것이다. 독일은 2004년 3월현재 14,960Mw 의 발전용량을 가지고 있으며 이는 전세계 발전용량의 1/3에 해당하는 양이다. 독일은 이 터빈장치들로부터 전체 전력소비량의 6.2%를 조달하고 있다. 독일의 국립 풍력발전기관(BWE)에 따르면, 2030년에는 독일 전체 전력생산의 30%정도를 풍력발전이 담당하게 된다고 하며, 이를 위하여 4개의 개발기관이 참여하고 있다고 한다. 여기에는 세계에서 가장 큰 E-112라는 Enercon사의 4.5Mw 규모의 풍력터빈을 시험가동 하고 있다.

독일은 재생 가능한 에너지 정책에 상당한 노력을 기울이고 있는데 이는 독일이 교토의정서에 의거하여 2010년까지 1990년도 이산화탄소배출량의 21%를 줄여야 하기 때문이다.

## 3) 프랑스 및 영국

2003년 프랑스는 풍력발전량을 239Mw 로 증가시켰으나 같은 유럽연합 내의 독일(14,960Mw), 스페인(6,202Mw), 덴마크(3,200Mw)에 비하면 현저하게 뒤떨어져 있다. 프랑스 정부는 풍력을 이용해 생산된 전력에 대해 고정요금을 적용하는 방법으로 풍력에너지 개발을 지원하고 있으며, 2010년까지 풍력에너지 발전량을 5,000Mw로 증가시킬 계획이다. 영국은 2010년까지 7,000Mw 규모의 해상풍력 발전을 계획하고 있다.

## 5) 미국

북미대륙의 03년 누적 설비용량은 6,905Mw 에 달하고 있으며, 유럽의 29,301Mw 에 이어 세계에서 2번째로 많은 설비를 보유하고 있다. 미국은 풍력터빈으로 생산된 전력에 대해 kWh 당 1.5 센트

의 세금을 감면해주는 풍력에너지 세금 공제(Production Tax Credit: PTC) 법안을 통해 신재생에너지의 보급확대를 장려하고 있다.

최근(2004.9.28일)에는 이 PTC 법안을 2005년 말 까지로 연장한다는 법안을 승인했으며, 미국풍력에너지협회(AWEA)에서는 이 법안의 연장으로 수년간 약 30 억 달러(한화 3.2조원)의 풍력에너지 설비투자를 가져올 것으로 전망하였다. 이에 따라 새로운 풍력발전을 계획하고 있는 곳에서는 이에 따른 경제적 이득을 줄 것으로 기대하고 있는데, 특히 아이오와주에서는 워렌 버핏이 이끄는 MEC (MidAmerican Energy Company)가 310Mw 규모의 풍력발전 설비를 각각 약 3억 2,300만 달러를 투자하여, 1.5Mw 급 GE 의 풍력터빈 약 100기를 설치할 계획이다.

#### 4.1.3.2 국내 풍력발전 현황

2003년 현재 정부 주도의 보급사업으로서 제주도, 전남 무안, 울릉도 등에 61기 22.1MW 정도의 풍력발전 설비가 설치되어 운영 중에 있으며 이는 풍력발전으로 47.0 TWh/년 정도의 청정 전력을 생산하여 10,500 TOE/년의 에너지를 수입 대체하는 효과를 얻을 수 있는 양이다.

아래 표는 현재 국내에서 가동 중인 풍력발전 시스템의 현황을 정리한 것이다. 정부의 지역에너지 사업으로 조성된 제주 행원 지역의 풍력발전 단지는 국내 최초의 상업용 풍력발전 단지로 제주 전체 전력수요의 10%를 풍력발전으로 대체하려는 제주도 풍력발전 실용화사업 (국고 보조: 73억원)의 일환으로 건설 추진중인 사업으로 1997년도부터 단계별로 건설 중에 있으며, 2005년 현재 9,795 kW(15기)의 규모로서 운전 중에 있고, 전국 풍력발전시설용량의 약17%를 차지하고 있다.

현재까지 가장 큰 상업발전단지는 (주)유니슨의 자회사인 영덕 풍력에서 운영하고 있는 풍력발전 단지로 2005.4월 완공 되었으며, 총 발전규모는 39.6Mw에 달한다.

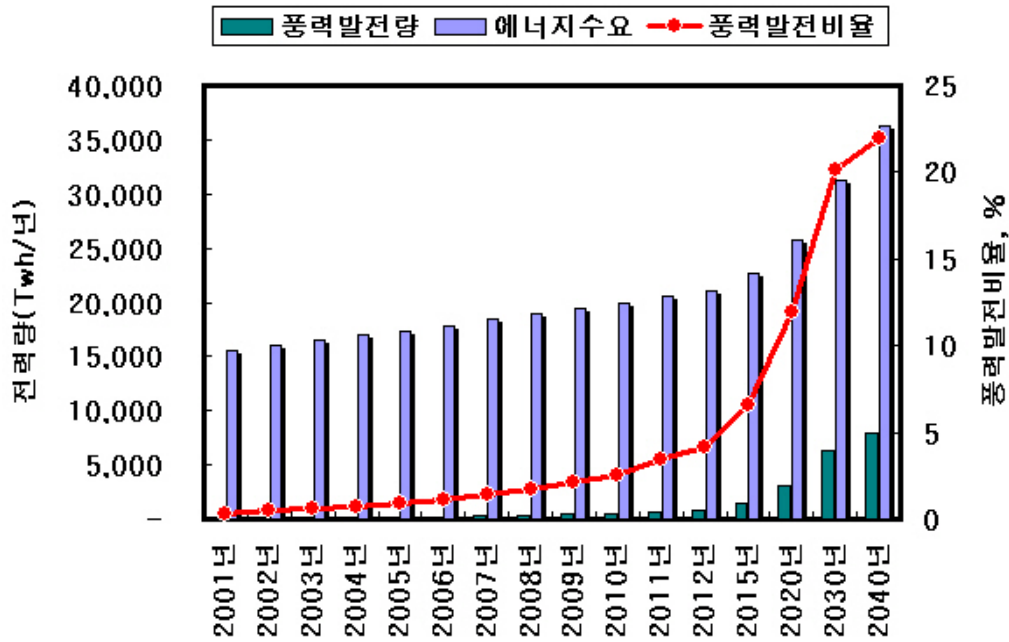
(2005년 현재)

지 역 별	규모별 보급현황	총시설용량
제주도 (행원)	600kW × 2기(Vestas), 660kW × 7기(Vestas), 225kW × 1기(Vestas), 750kW × 5기(NEG-Micon)	9,795 kW
전 남 무 안	150kW × 1기, 550kW × 1기 (Zond) 750kW × 1기 (Lagerway)	1,450 kW (계통연계미비)
전북 (새만금)	750kW × 2기(NEG-Micon) 750kW × 2기(NEG-Micon, 공사중)	3,000 kW
경북 (울릉도)	600kW × 1기(Vestas)	600 kW
경북 (포 함)	660kW × 1기(Vestas)	660 kW
강원도 (대관령)	660kW × 3기(Vestas) 660kW × 1기(Vestas, 공사중)	2,640 kW
강원도 (태백)	850kW × 2기(Vestas, 공사중)	1,700 kW
영덕	1.65Mw × 24기	39.6Mw
합계		59.4 MW

#### 4.1.3.3 향후 시장전망

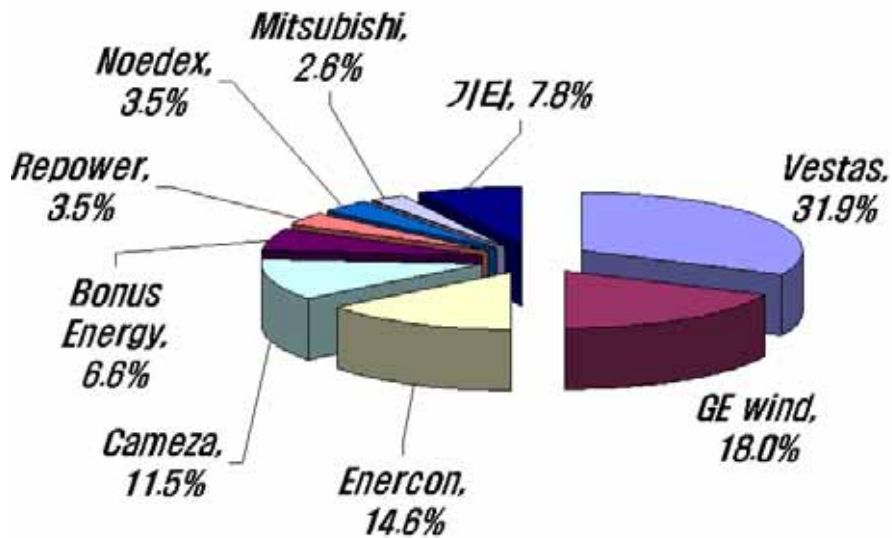
2001년 기준으로 풍력발전으로 인한 전력생산은 전세계 전력수요의 0.35%만을 공급하고 있으나 2002년 그린피스에서 제안한 Windforce 12에서는 2020년까지 전체에너지수요의 12%수준까지 풍력발전설비를 확대시키는 것을 목표로 하고 있으며, 2040년까지 22%정도까지 확대될 것으로 전망하고 있다.





<풍력발전수요전망(Wind Force 12,2002)>

세계 풍력터빈의 공급 업체들을 보면 유럽지역의 강세가 지속되고 있는 가운데 북미에서는 GE Wind 가 18% 까지 시장점유율을 확대하여 약진하고 있으며, 이에 대응하기 위하여 Vestas 와 Neg-micon 이 합병하는 등의 시장 개편이 이루어 지고 있다.



<2004년 세계 주요 풍력발전기 공급업체>

세계 풍력시장은 지난 5년간 유럽을 중심으로 연평균 30% 내외의 고성장을 해왔으며, 향후 2008년까지 연평균 15% 가량 성장할 것으로 전망된다. 현재 40,301Mw 인 시설용량은 2008년에 95,606Mw의 누적 시설용량에 이르러 지금의 2.4배 규모로 성장할 것으로 전망된다.

세계 풍력발전 설비용량 증가 전망

(단위: MW)

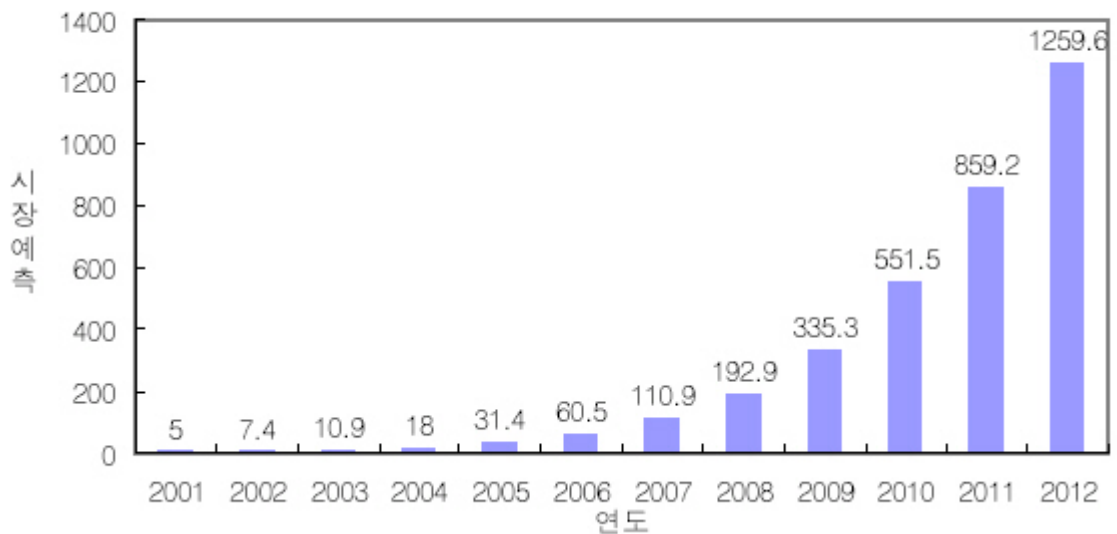
지역	03년누적 설비용량	2004~2008년 신규 설비용량						08년누적 설비용량
		04년	05년	06년	07년	08년	합계	
유럽	29,301	5,560	6,625	6,770	8,800	8,925	36,680	65,981
아메리카	6,905	950	1,500	1,900	2,550	2,550	9,450	16,355
동남아시아	2,707	720	770	790	940	1,050	4,270	6,977
OECD(태평양)	1,077	590	650	650	875	875	3,660	4,717
기타지역	311	215	195	285	285	285	1,265	1,576
합계	40,301	8,035	9,740	10,395	13,450	13,685	55,305	95,606

자료: BTN Consult Aps, 유니슨

우리나라에서만 풍력발전 시장의 규모는 2005년 현재와 비교하면 2012년까지 20~50배로 커질 것으로 예상되고 있다(발전용량기준, 국가기술지도 “풍력에너지 기술”, 2002). 2001년부터 2012년 사이 풍력발전 시장은 연평균 65% 성장할 것으로 전망되며 총 1차 에너지 중 풍력에너지는 약 3%를 차지할 것으로 예상된다.

이러한 예상은 2003년 1.7%에 불과한 대체에너지의 비중을 2011년까지 5% 수준으로 끌어올리려는 정부의 목표와 비교해 볼 때 비교적 타당하다고 할 수 있을 것이다.

(단위 : 백만\$)



▶ 풍력발전 기술개발 기본계획

	<b>1 단계( ~2005년)</b>
	중형급 750kW 풍력발전기 개발·상용화 소형분산형 30kW급 풍력 발전기 상용화 경량화·저가화 개발 소형풍력기의 연계기술확립 및 보급 풍력자원 DB구축 및 예측기술 개발
<b>3 단계(2009년~2012년)</b>	<b>2 단계(2006년~2008년)</b>
초대형급 3MW 풍력발전기 개발 및 상용화 해양풍력단지 보급확산 풍력발전산업 고도화로 해외수출 확대	대형급 1,500 kW 풍력발전기 개발 및 상용화 해양풍력 발전기 개발 및 상용화 해양풍력 자원 DB구축

자료 : 풍력 협회, 청솔밸류리서치 정리

## 4.2 태양에너지

1970년대 석유파동 이후부터 태양에너지 이용기술개발의 필요성을 인식하면서 미국, 유럽, 일본을 중심으로 개발 보급되기 시작했다. 80년대에는 본격적으로 태양에너지 이용기술 개발 및 산업화가 성장기를 맞게 되었으나, 90년대를 지나 2000년대 들어와서는 태양에너지는 어느 정도 상용화가 된 것으로 간주되어 일부 선진국을 제외하고는 태양에너지 분야에 대한 정부차원의 R&D지원도 줄어들고 있는 추세이다. 그러나 기후변화협약 같은 환경문제가 대두되고 고유가 시대가 도래함에 따라 환경 친화적인 미래에너지 확보차원에서 정부와 관련기업을 중심으로 보급이 활성화되고 있다. 태양전지를 이용한 전력생산은 환경적인 측면에서 볼 때 화석연료 사용을 줄일 수 있고 이를 통해 온실가스 배출을 감소시킬 수 있다는 장점을 지니고 있다.

태양에너지를 이용하는 방식은 크게 둘로 나눌 수 있다. 태양빛을 전기 생산에 이용하는 ①태양광 발전과 태양에너지를 집열장치를 통해서 모아들여 난방용이나 온수용 열을 생산하는 ②태양열 장치로 나뉜다. 그 밖에도 빛을 모아서 요리를 하는 태양열 조리기, 접시 모양의 태양빛 응집기로 빛을 모아 수백도 이상의 열을 발생시키는 접시형 집열장치, 포물선 형태로 구부러진 홈통형 반사판으로 빛을 모아서 열을 얻는 장치, 거대한 태양열 응집기를 이용해서 수천도에 달하는 열을 만들어서 발전하는 태양열 발전기, 태양열 건조장치, 태양열을 냉방장치 등 다양한 장치가 나와 있다.

그러나 현재 세계적으로 널리 사용되고 있고 앞으로 빠르게 확산될 것으로 전망되는 것은 태양광 발전기와 태양열 집열장치이다.

## 4.2.1 태양광발전: 태양전지

### ▶ 태양광 에너지의 공급량 비교



자료 : 에너지 대안 센터

### ▶ 태양광 발전의 원리

태양광 발전은 반도체(semiconductor)로 만들어진 태양전지(photovoltaic cell)에 빛 에너지(광자)가 투입되면 전자의 이동이 일어나서 전류가 흐르고 전기가 발생하는 원리를 이용하는 것이다. 태양전지를 여러개 붙이고 유리 등의 보호장치를 붙인 것을 태양전지 모듈이라 한다. 여러개의 모듈을 연결해서 태양광 발전기를 만들 때, 모듈을 연결하는 방식은 여러개의 건전지를 연결할 때와 마찬가지로 직렬과 병렬이 있다. 직렬로 연결하면 전압이 늘어나고, 병렬로 연결하면 전압은 늘어나지 않지만 전류의 세기가 늘어난다. 보통 직렬과 병렬을 섞어서 연결하는데, 이를 통해서 원하는 전압을 얻게 된다.



▶ 태양 전지의 역사

1839년	Edmond Becquerel	-Photovoltaic Effect 발견
1954년	Bell Lab., RCA	-Si 태양전지 개발
1958년	Vanguard I	-미국 우주선 보조전원 사용(5 mW)
1970년대	석유과동	-지상용 전원으로 활용 모색
1980년대 이후	에너지-환경	-본격적인 기술개발 추진, 신재료, 대량생산 공정 개발 -대표적인 환경친화적 발전기술로 부각
1997년		-전세계 생산량: 연간 100MW 돌파
1999년		-전세계 생산량: 연간 200MW 돌파
2001년		-전세계 생산량: 연간 400MW
2002년		-전세계 생산량: 연간 500MW 돌파

자료 : 한국과학기술정보연구원

4.2.1.1 경제성

시장에서 판매되는 태양전지는 생산비용이 매우 높기 때문에, 아직은 화석연료를 이용한 발전이 태양광발전보다 비용이 훨씬 적게 든다. 그러나 태양전지 생산업계에서는 기술개발과 대량생산이 이루어짐에 따라 비용도 줄어들 것으로 전망하고 있고, 앞으로 20여년 후면 화석연료 발전과도 경쟁을 할 수 있을 것으로 전망한다.

태양전기의 생산원가는 1968년부터 시장이 2배로 확장될 때마다 20%씩 떨어졌고, 지난 10년간 절반으로 떨어졌다. 2001년부터 2010년까지 10년간 발전원가는 해마다 5% 이상 떨어져서 2010년에는 1999년의 50% 수준으로, 그 후 10년간은 해마다 7~8%씩 감소하여 2020년에는 1999년의 약 4분의 1 수준으로 내려갈 것으로 예측된다. 즉 현재 태양광 발전의 원가가 kWh에 약 600원 가량 하는데, 2020년에는 단가가 150원으로 떨어진다는 것이다. 그 후에는 가격하락이 완만히 이루어져서 2050년에는 1999년의 6분의 1 정도, 즉 100원으로 떨어질 것으로 보인다.

이렇게 태양광발전의 생산원가는 떨어지고 반면에 화석연료의 가격은 상승하게 되면 2010년 이후에는 태양광전기가 여름철 전기를 많이 쓸 때 발전하는 가스화력 발전과 경쟁할 수 있게 되고, 2030년 경에는 대형 석탄화력발전소나 원자력발전소와도 경쟁을 할 수 있을 것으로 예측된다.

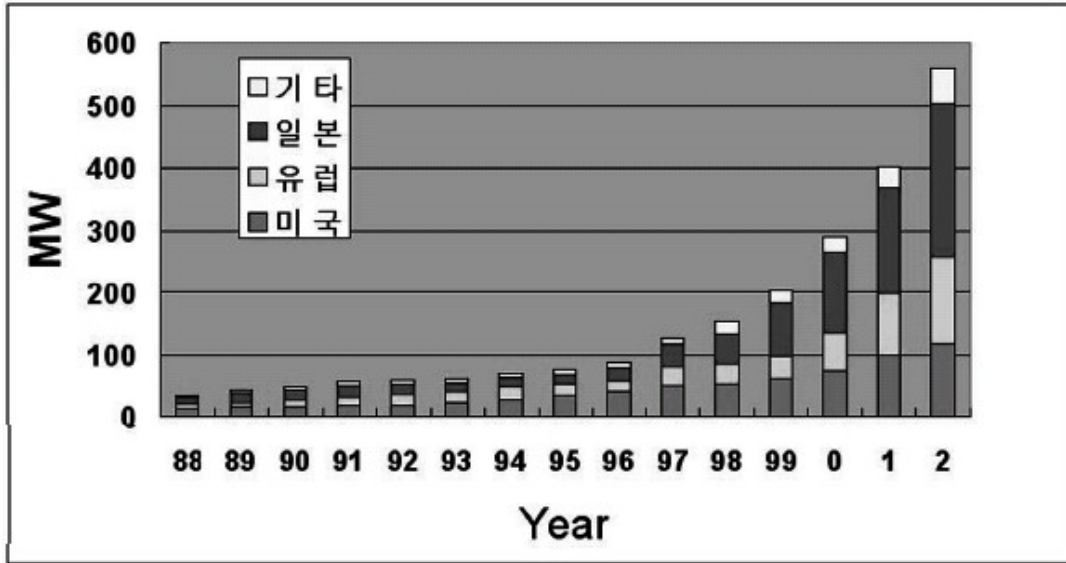
#### 4.2.1.2 국내외 시장동향

세계의 태양전지 시장은 급속도로 확대되고 있다. 1983년부터 1999년까지 세계 태양전지 시장은 연간 15%씩 성장하여, 1983년에는 20메가와트도 안되던 태양전지 생산이 1998년에는 150메가와트, 1999년에는 1983년의 열 배가 넘는 200MW로 증가했다. 업계에서는 10년 후인 2010년에는 생산량이 2000 메가와트 이상으로 다시 10배 이상 증가할 것으로 전망한다.

시장이 연간 약 30퍼센트씩 확대되는 것이다. 만일 규모 태양전지보다 가격이 훨씬 싼 색소화합물 태양전지가 실용화되고 효율이 높은 태양 전지들이 개발되면 시장은 더욱 급속히 확대될 것이다. 선진국의 대규모 정부 지원에 따른 시장확대와 함께 기술개발이 한층 강화되어 최근 수년간은 그 시장규모도 매년 35%씩 크게 성장하고 있다.

아래의 그림은 1988~2002년 사이에 전 세계 태양전지 시장 추이를 나타낸 것으로 최근 연평균 30~35%의 급성장을 거듭하고 있다. 지금까지 설치된 태양전지 누계는 약 1,800MW에 달한다. 2002년도 전 세계 태양전지 생산량 560MW는 약 35억 달러의 시장이다. 2003년도 전세계 생산량은 약 750MW로 추정되고 있다.

▶ 그림. 전세계 지역별 태양전지/모듈 생산(1988~2002)



자료 : 한국과학기술정보연구원

생산량의 대부분은 일본, 유럽, 미국 등이 정부 주도로 추진하고 있는 대규모 주택용 태양광발전 시스템에 기인한다. 2002년도의 보급증가율의 대부분은 일본(184MW)과 독일(82.6MW)의 보급증가에 기인한 것으로 일본, 독일 이 두 나라가 차지하는 비중이 79%이다. 일본은 2002년까지 1인당 보급량이 세계 1위를 달리고 있다. 일본이 태양광 발전 시스템에 가장 적극적임을 알 수 있다.

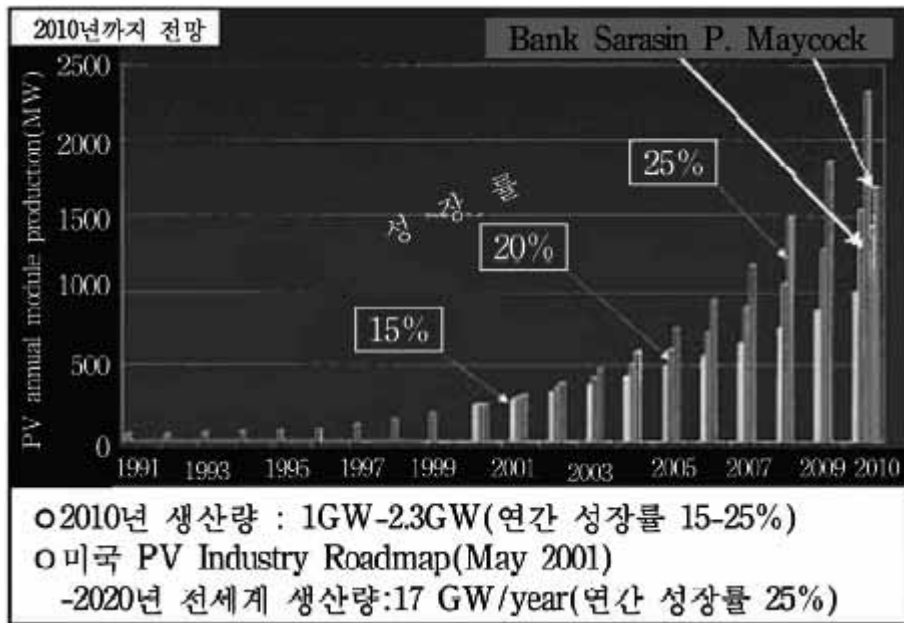
#### 4.2.1.3 향후 시장전망

전세계 태양전지 시장은 2010년까지 연간 성장률 15~25%로 연간 시장이 1~2.3GW에 달할 것으로 전망된다. [Bank Sarasin Report 2000, P. Maycock] 한편 최근 5년간의 높은 성장율이 지속 되면 2010년의 연간 생산량은 약 9GW에 달하게 된다.

2001년 미국의 태양광산업 로드맵에서는 2020년 시장이 연간 17GW가 될 것으로 예상한 바 있다. 물론 현재 기술개발이 진척되고 있는 저가 고효율의 신형 박막 태양전지 기술이 경제성을 확보할 경우 그 시장은 전체 전력시장으로 확대될 것으로 전망되고 있다. 미국, 일본, 유럽은 에너지 공급원 다양화와 함께 환경규제에 대한 대응차원에서 2030년까지 장기적인 보급 목표를 수립해 놓고 있는데, 2030년까지 총 140 GW를 달성할 계획이다.



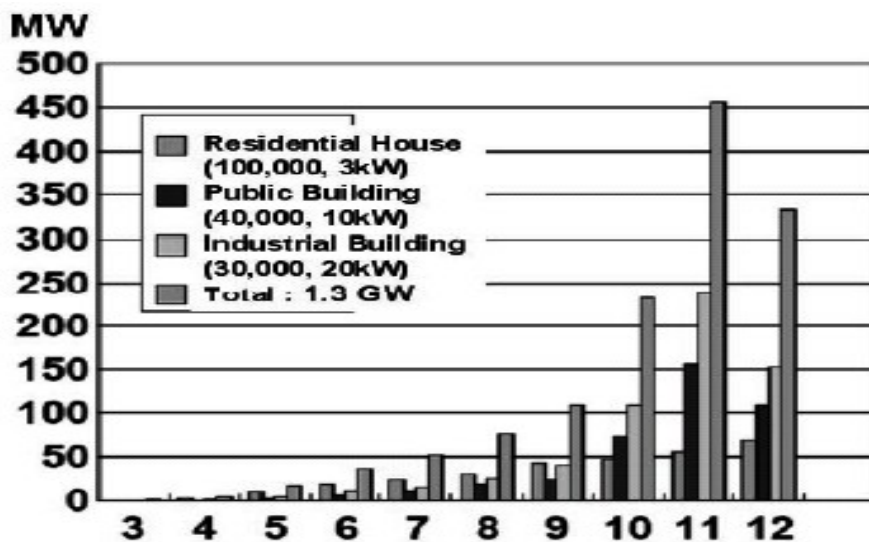
▶ 전세계 태양전지 시장 및 향후 전망



자료 : 한국과학기술정보연구원

국내의 경우 단기적으로는 기존 주택과 건물의 지붕과 벽체 및 유희지에 설치하는 계통연계형 시장 잠재량이 약 19 GW정도가 될 것으로 예상되는데, 물론 태양전지가 경제성을 갖게 되면 그 시장은 폭발적으로 증가할 것이다. 정부에서는 2012년까지 3kW 용량의 주택용 태양광 발전시스템 10만호, 공공건물 4만 동, 산업용 3만 동에 합계 1,300MW를 보급한다는 계획을 수립한 바 있다.

▶ 2012년까지 국내 태양광 보급 목표



자료 : 한국과학기술정보연구원



## 4.2.2 태양열 발전

### ▶ 태양열 발전의 원리

태양열 발전은 햇빛을 반사판을 통해서 집중시켜 섭씨 1000도 가까운 열을 얻은 다음 이 열을 이용해서 전기를 생산하는 것이다. 이때 반사판은 집열판의 경우 간접광도 이용하는 것과는 달리 직광만을 이용할 수 있기 때문에, 태양열 발전을 하기에는 구름이 적고 햇빛이 강한 지역이 적합하다. 사막이 최적지라 할 수 있는데, 이러한 사막의 1%에 만 태양열 발전시설을 설치하면 전세계의 전기 수요가 모두 충족될 수 있을 것으로 추정된다.



### 4.2.2.1 우리나라에서의 태양열 이용기술 현황

우리나라에서의 태양열 이용기술개발은 1973년의 석유위기를 계기로 한국원자력연구소에서 과학기술처의 연구예산으로 태양열 난방에 관한 연구를 수행한 것이 그 효시이다. 그러나 경제성 면에서 아직 널리 보급되는데 문제가 있어 그 후 연구기관과 대학에서 주로 태양열 난방분야의 실험적 연구가 산발적으로 이루어져 왔다. 한국에너지기술연구원에서 대체에너지원의 개발을 주관하면서, 1988년부터 3단계에 걸친 태양에너지 기술개발의 기본계획이 수립되어, 현재 3단계의 기술개발이 진행중이다.

- 제 1단계(1992~1996) : 태양열 난방 및 온수 시스템의 표준화
- 제 2단계(1997~2001) : 태양열이용 요소기술의 실용화, 태양열이용시스템의 최적설계기술개발, 산업용 태양열시스템을 위한 고온, 고효율 집열기 및 축열기술의 개발 및 실용화
- 제 3단계(2002~2007) : 태양열 복합시스템의 개발 및 실용화, 태양열시스템의 종합제어기술, 대규모 산업용 태양시스템의 개발, 태양열시스템의 국제표준화 등

우리나라에서의 태양열이용 집열기의 보급상황은 지난 20년간 약 18만대에 일며, 그 중 97%는 소규모의 지붕에 설치된 온수용 및 난방용이다. 집열기의 보급은 1997년에 연간 약 7만 7천여 대로서 최대치에 달한바 있으나, 최근에는 연간 5천여대로서 저조한 상태이다. 비교적 대규모 시설은 공중 목욕탕, 골프장 및 호텔 등에 설치된 것이며, 그 수는 전체의 3% 정도이다. 아래의 표는 우리나라에서의 태양열 이용장치의 설치추이를 보여주고 있다.

▶ 우리나라 태양열 이용장치 설치 실적

	90-93	94	95	96	97	98	99	2000	합 계
건물용	19,657	7,796	16,106	41,149	77,226	12,012	4,833	5,924	184,703
골프장	66	3	6	6	11	11	-	-	103
양어장	16	3	5	5	5	10	-	4	48
온실용	-	-	-	9	71	40	31	23	174
기 타	2,462	6	1	9	28	49	18	19	2,592
합 계	22,201	7,808	16,118	41,178	77,341	12,122	4,882	5,970	187,620

자료: 한국과학기술정보연구원

4.2.2.2 세계 태양열 현황

해외에서의 태양열 이용기술 개발은 미국, 일본, 유럽을 중심으로 활발히 진행되고 있으며, 특히 미국에서 그 보급이 앞서 있다.

1) 미국

미국에서는 태양열에 의한 건물의 난방시스템이 널리 보급되어 있으며, 현재 약 120만호에 설치되어 있다. 미국 에너지국 소속의 국립재생에너지연구소에서는 산업용을 목표로 한 고도의 태양열 이용시스템을 개발하고 있다.

## 2) 일본

일본에서의 태양열이용은 주택이나 학교에 설치하는 민생용 태양열 이용시스템과 공장 등에 설치하는 산업용 태양열 이용시스템으로 나누고 있다. 민생용 태양열 이용시스템에서는 선샤인(Sunshine)계획 개시 당초부터 적극적인 연구개발이 추진되어, 이미 실용화가 진척되고 있는데 효율향상과 경제성 향상을 위하여 재료, 기기 및 평가방법의 연구가 진행되고 있다. 현재 민생용 태양열 이용시스템은 약 49만대 정도 보급되고 있다.

## 3) 유럽

유럽에서는 JOULE계획 및 THERMIE계획에 의해, 건물에 대한 태양열 이용시스템의 적용을 위한 개발이 추진되었다. JOULE계획에서는 설비형 및 자연형 태양열 이용시스템의 요소기술개발과 종합시스템의 최적화연구가 시범 건물에 의해 수행되었다. 또한 시스템 기준과 표준화도 시도되었다.

### ▶ 1년 동안 지구에 들어오는 태양에너지와 다른 에너지 양의 비교

현재 인류가 1년 동안 지구에 쏟아지는 태양에너지의 총량  $5.5 \times 10^{24} \text{J}$ 은 연간 인류가 소비하는 에너지양  $2.0 \times 10^{20} \text{J}$  (석유환산 약 50억 톤)의 3만 배이다. 이 태양에너지의 1/3은 구름이나 지표에서 반사되므로 인류가 소비하는 에너지양은 지구가 받는 전체 태양에너지의 약 2만 배 가량 된다.



자료 : 에너지 대안 센터

일년간 지구에서 받는 이 에너지양은 연간 세계에너지 소비량의 약 20,000배 이며, 지구가 태양으로부터 1~2주동안 받는 에너지가 지구상에 매장된 전체의 화석연료에 상당 하는 양이다.

인류가 쓰는 겨우 10분내지 20분의 양으로 인해 국제 유가의 가격이 오르고 내리는 현상황으로 볼 때, 신재생에너지의 무한성을 대변 할 수 있는 양인 셈이다.

## 4.3 바이오 에너지

### 4.3.1 바이오 에너지 정의

바이오매스는 식물과 미생물의 광합성에 의하여 생성되는 식물체, 균체와 이를 먹고 살아가는 동물체를 포함하는 생물유기체를 말한다. 바이오 에너지는 이와 같은 바이오매스 자원을 에너지화한 것을 말한다. 따라서 바이오 에너지는 바이오디젤, 바이오에탄올, 바이오가스과 바이오매스의 직접연소에 의한 열 및 전기를 포함한다.

바이오매스는 재생 가능한 식물로부터 생성된 유기물을 말하며 이중에는 에너지 작물, 나무와 식품, 사료 등 농산물 및 부산물, 임산 부산물, 수생식물, 동물 분뇨, 도시쓰레기, 산업쓰레기 등의 유기성 폐기물을 포함한다. 이러한 바이오매스는 에너지 생산에 쓰일 수 있다. 최근에는 많은 바이오매스들이 계획적으로 재배된 속성수 혹은 속성으로 재배된 초본식물 (예를 들면 갈대, switch grass 등) 등 에너지 작물로 재생산되는 경우가 있으며 이를 바이오 에너지 원료로 명명하기도 한다. 이 경우 이들이 자라면서 대기 중의 이산화탄소를 제거하며, 바이오매스를 연소와 같은 방법으로 에너지로 이용하면 이산화탄소는 다시 대기 중에 방출된다. 그러나 바이오 매스가 끊임없이 재생산되는 한 바이오 에너지 사용으로 인한 대기 중 이산화탄소의 순 증가는 없다.

바이오 에너지의 일례로, 수 천년 동안 취사와 난방에 쓰여온 나무는 최대의 바이오 에너지 자원이었다. 오늘날 에너지를 이용하기 위하여 여러 가지 바이오매스가 사용되는데 농임산 부산물, 매립지 가스, 수생식물, 도시 및 산업 폐기물(유기성)이 포함된다. 이들은 재생산이 가능한 유기물에서 왔으므로 바이오 매스는 재생가능 자원이다.

### 4.3.2 바이오 에너지의 장·단점

바이오 매스 자원은 재생이 가능하고 광역 분산형 에너지로서 물과 온도 조건만 맞으면 지구의 어느 곳에서나 얻을 수 있는 장점이 있다. 그리고 최소의 자본으로 이용기술의 개발이 가능하고 원자력 등에 비해 환경 친화적이다. 바이오 매스는 전환과정에서 이산화탄소가 발생하나 이는 원래 대기 중에 존재하던 이산화탄소로 화석연료의 연소같이 이산화탄소의 증가가 아니며 이산화탄소의 순환이다. 그러나 넓은 면적의 토지가 필요하고 토지 이용에서 농업과 경쟁한다는 단점이 있다. 치밀한 계획하에 정연한 개발이 아니면 환경 파괴가 따르기 쉬운 위험도 있다.

#### 바이오 에너지 산업의 특성

- 석유 가격과의 연관성
- 환경 친화적

- 자원에 따라 국가별로 특화
- 산업 전반에 파급효과가 큼

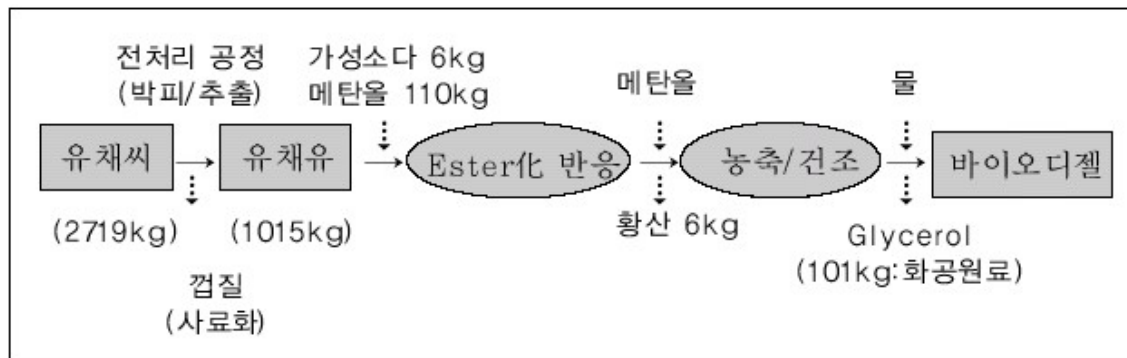
바이오 에너지 산업의 성공여부는 현재 에너지원으로 널리 사용되고 있는 화석연료, 특히 석유와의 가격 경쟁력 여부에 달려있다. 따라서 석유의 가격이 얼마나 안정화되어 있는지 여부에 따라 경제성이 좌우된다. 역사적으로도 1974년 1차 석유 파동, 1978년 2차 석유 파동을 기점으로 대체에너지에 대한 관심이 증대되어 전세계적으로 연구개발이 시작되었다. 일반적으로 경제학자들은 석유 가격이 배럴 당 30달러 이상이며 바이오 에너지를 포함하는 대체에너지가 충분한 가격 경쟁력을 가질 수 있을 것을 보고 있다. 2차 석유 파동 이후 약 20여년동안 석유가격이 안정세를 보여 대체에너지 연구개발이 침체되었다가 최근 30~50달러의 고유가로 접어들어 따라 본격적인 연구개발과 보급이 진행되고 있다.

### 4.3.3 바이오 에너지 원료별 특성

#### 1) 바이오 디젤

바이오 디젤의 원료가 되는 기름은 크게 유채씨, 해바라기씨, 대두 등과 같이 다량의 야채유를 함유하는 종자를 이용하거나 기타, 쌀기름과 같이 각종 곡식물의 가공처리 과정에서 발생하는 부산물 기름 혹은 폐식용유 등을 이용하고 있으며, 미국의 경우 건강상의 이유로 저지방 육류를 선호함에 따라 닭고기, 돼지고기 등에서 인위적으로 기름을 제거하여 이때 발생한 다량의 동물성 유지를 바이오 디젤의 원료로 이용하기도 한다. 이들 원료를 이용하여 알칼리 촉매 존재하에서 에스테르화 반응을 시키고 부산물인 Glycerol을 정제하면 경유와 비슷한 균질상 지방산에스테르 즉 바이오 디젤이 생성된다.

#### ▶ 바이오 디젤의 제조과정



자료 : 한국과학기술정보연구원

이와 같이 생산된 바이오 디젤 이용이 가장 활발한 유럽의 경우 농업보호 및 환경보호 그리고 재생 에너지 사용 장려의 측면에서 정책적으로 시장을 확산시키고 있다. 바이오 디젤유의 경우 제조 원료에 따라 연료적 특성에 차이가 있으나 일반적으로 석유계 디젤과 유사하며 따라서 기존의 디젤엔진 기관을 개조 없이 그대로 사용이 가능하다는 장점이 있다.

다만, 바이오 디젤의 경우 석유계 디젤에 비해 저온 시동성이 떨어진다거나 다소 점도(Viscosity)가 높아져 추운 날씨에 연료공급 라인이 막히는 것과 같은 문제점이 있을 수 있으나 지역과 기후에 따라 바이오 디젤 제품의 특성을 달리함으로써 기술적으로 극복 가능하다고 알려져 있다.

## 2) 바이오 에탄올

목질계를 원료로 하는 경우에도 목질계의 주성분인 셀룰로스를 산이나 효소로 분해하는 과정을 거쳐 발효하여 에탄올을 얻게 된다.

### ▶ 바이오 에탄올과 가솔린의 연료특성 비교

연료특성	바이오에탄올	가솔린
열량 (kcal/l)	5,060	7,589
옥탄가 RON	111	91-98
증발열 (kcal/l)	158	62
비 중	0.789	0.70-0.76
비등점 (℃)	78.7	27-205
분자량	46.1	100-105
탄소함유량 (g/l)	412	640
공연비	9.0	14.5
발화 한계농도 (Vol%)	3.3-19	1.4-7.6
인화점 (℃)	13.1	-42.4
자동 착화점 (℃)	218	125

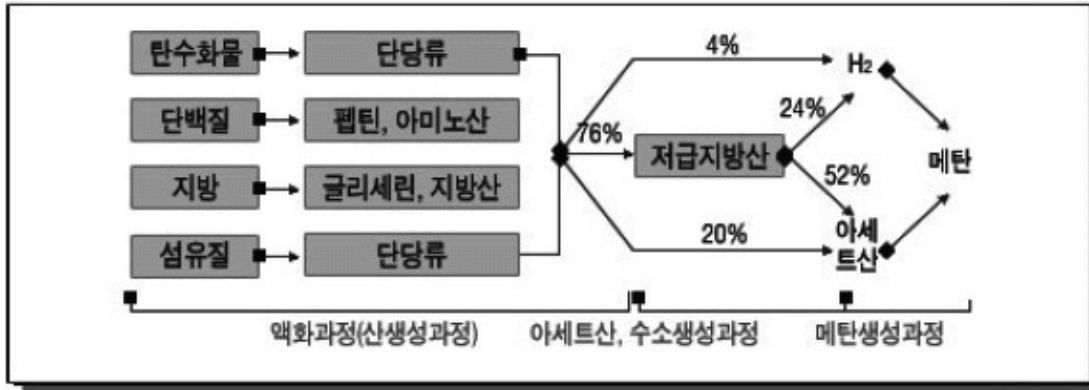
자료 : 한국과학기술정보연구원

이러한 바이오 에탄올은 수송용 대체연료로서 아주 우수한 특성을 갖고 있음이 입증되고 있다. 에탄올은 휘발유와 혼합연료의 형태, 산화물의 혼합연료 혹은 수화에탄올로 기존 내연기관에 거의 완벽하게 사용될 수 있다. 즉, 공연비(Air/Fuel ratio)를 낮게 유지할 수 있으며, 증발잠열이 높고, 옥탄가가 높으며 화염온도는 낮다. 실제로, 바이오 에탄올은 이와 같은 이유로 Indianapolis 500과 같은 고성능 자동차 경주에서 종종 휘발유 보다 우수한 연료로 경주차에 사용되기도 하며, 브라질에서는 수화에탄올 자동차가 휘발유 자동차보다 더 많이 출고되기도 하였다.

### 3) 바이오 가스

메탄발효에 의해서 다양한 유기물이 바이오 가스(메탄가스 + 이산화탄소)로 분해되는 과정을 도시하는 그림이다.

#### ▶ 메탄발효 메커니즘



자료 : 한국과학기술정보연구원

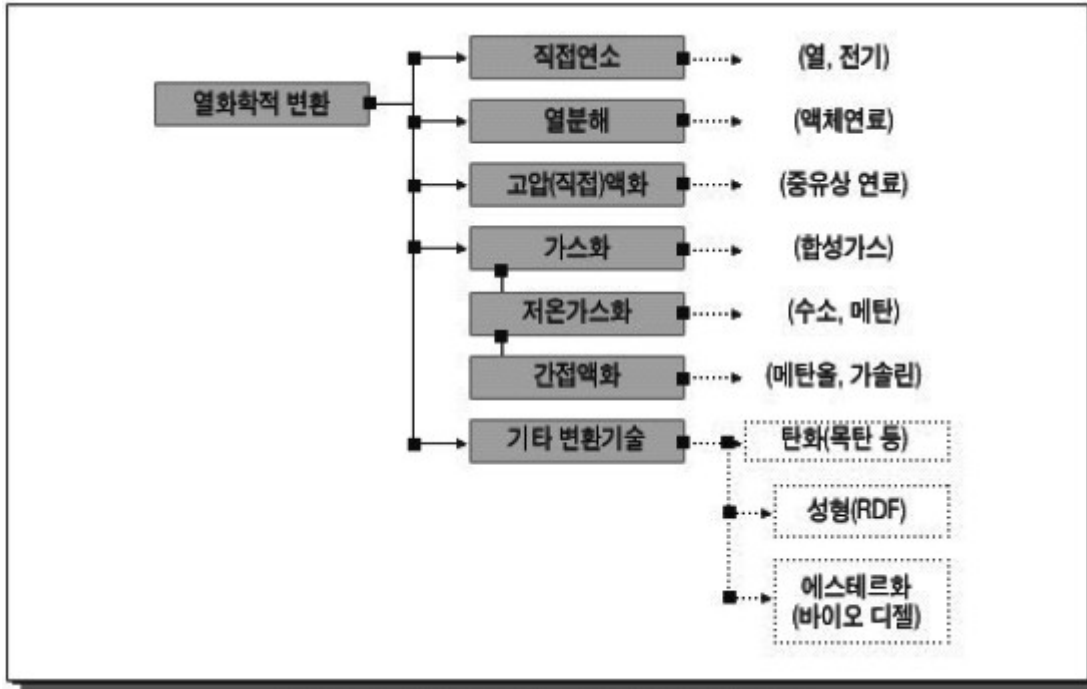
복잡한 유기물은 액화과정(산성생성과정)에서 산성생성 미생물군의 작용으로 분자량이 적은 물질을 거쳐 저급지방산, 젖산, 에탄올 등으로 분해된다. 그 다음 저급지방산 등은 수소생성 미생물에 의해 수소와 아세트산으로 변환되고 마지막으로 메탄생성 미생물에 의해 메탄과 이산화탄소로 분해되는 것이다.

최근 실용화되고 있는 고품질을 다량 함유한 유기성 폐기물 혐기소화 처리공정은 투입기질의 초기 농도에 따라서 건량기준 6~10%의 유기물 농도로 원료가 투입되는 습식공정과 25~40%의 유기물 농도로 원료가 투입되는 건식공정으로 나눌 수 있다. 우리나라에서는 에너지기술연구원이 연속 습식공정으로 중온 혐기성 여상형 반응기를 이용한 2상 소화시스템이 개발되어 파주시(30톤/일)등에서 활용되고 있다. 그리고 건식 메탄발효 현상을 이용한 것으로 매립지 가스활용을 들 수 있다. 매립지 가스는 유기물을 포함한 도시 쓰레기를 매립하였을 때 자연적으로 매립층에서 혐기소화가 일어나며 메탄가스 50~60%의 매립지 가스(LFG; : Landfill Gas)가 발생하는 것을 에너지원으로 이용하는 기술인데 전세계에서 여러 가지 형태로 활용되고 있다.

#### 4.3.4 바이오매스 열화학적 변환기술

바이오 매스를 열화학적으로 변환하여 에너지로 이용하는 방법은 직접 연소하는 방법 외에도 여러 가지 기술이 있다.

▶ 바이오 매스 원료 열화학적 에너지 변환 기술



자료 : 한국과학기술정보연구원

열화학적 변환기술은 연소, 열분해, 액화 및 가스화로 대별할 수 있다. 먼저 직접연소는 바이오매스 이용의 가장 간단한 방법의 하나로서 바이오매스를 공기 중에서 태워 열, 수증기 등을 얻고 궁극적으로는 전기를 일으킬 수도 있다. 지금 개발도상국에서는 38%이상의 1차 에너지를 바이오매스를 연소시켜 충당하고 있고 선진국에서도 폐기물 소각로에 의한 발전, 석탄발전소에서의 혼소 등으로 전 세계 1차 에너지 소비의 15%를 담당하고 있다. 서유럽에서는 열병합 발전에 의한 지역냉난방, 태국 등 자원이 풍부한 개발 도상국에서는 바이오매스 발전, 미국, 일본 등에서는 석탄 발전소 혹은 쓰레기 소각로에서의 혼합연소 발전 등에 다양하게 활용되고 있다.

열분해는 수분함량 20~40%의 바이오매스를 산소 결핍하에서 가열(부분연소)하면 목탄, 열분해유(목초액) 및 가연성가스가 얻어진다. 이 방법은 전통적 숯가마의 원리와 동일하다.

바이오매스 가스화는 가스화 형식에 따라 고정층형, 유동층형, 분류층형으로 나뉘며 약 200여 종류가 있다. 가스화 반응에 의해 수소, 일산화탄소, 저급탄화수소를 포함하는 합성가스를 생성할 수



있다. 바이오매스 가스화에서 열량이 낮을 경우에는 석탄 등을 함께 집어넣는 경우도 있으며 바이오매스, 석탄통합가스화 프로세스 등이 유망할 것으로 전망된다.

#### 4.3.5 바이오에너지 국내외 동향

##### 1) 바이오 에너지 해외 동향

1980년대 미국 및 EU에서 폐기물의 단순 처리 목적으로 소규모 매립장을 다수 설치하였으나 메탄 방출에 의한 지구온난화 등 환경문제가 심각해짐에 따라 1990년대에 매립장에서 발생하는 메탄을 회수하여 에너지원으로 활용하는 공정을 상용화하였으며 대규모 매립장을 대상으로 주로 설치하여 전기를 생산하고 있다.

폐수의 메탄 가스화는 기존의 기술이지만 고농도 유기성 폐기물(축산분뇨, 하수슬러지, 음식물쓰레기 등)의 메탄 가스화 기술이 개발되어 1988년 이후 EU지역에서만도 100기의 메탄가스화 장치가 보급되어 약 240MW의 분산형 전력 및 열을 공급하고 있다.

EU는 2010년까지 1,000MW의 메탄가스 발전을 보급할 계획으로 알려져 있다. 이외 EU는 나무를 이용한 지역열병합 발전으로 2,200만 toe/년, 쓰레기 열소각열 발전으로 2.1 GW의 전력설비를 가동하고 있으며, 미국은 바이오매스 소각발전으로 현재 10GW 용량의 설비를 운영하고 있다.

##### 2) 국내 동향

국내에서는 유기성 폐수 및 폐기물의 혐기발효 혹은 매립지 추출에 의한 대규모 메탄가스 발생 이용 기술, 바이오에탄올 개발 보급을 목표로 하고, 장기적으로 바이오 수소생산, 바이오디젤생산기술, 바이오매스 가스화 발전기술을 개발하는 것을 목표로 현재까지 기술개발이 진행되고 있다. 국내의 바이오에너지 기술개발은 1988년 대체에너지 기술개발 사업이 시작되면서 본격화 되어왔다.

이전의 동분야 연구개발은 왕겨탄 및 연소기 개발, 축산폐기물 메탄발효 부문에서 연구개발이 수행되어 왔으며 대체탄(왕겨탄 등)은 상업화 되어 연간 50,000톤 이상의 소규모 사업자들에 의해 현재까지 꾸준히 공급되고 있고, 축산폐기물 메탄발효 기술은 산업폐수 처리공정으로 이전되어 결실을 보고 있다. 1988년 이후에는 전분 및 목질계 에탄올 생산 기술 개발과 고효율 메탄발효공정 개발에 치중되고 있는데, 전분계 에탄올은 하루 1k 에탄올 생산규모의 연속발효 파일럿플랜트가 성공리에 운전되어 기술개발이 축적되었고 삼성엔지니어링 등이 현재는 해외 플랜트 건설 등에 활용하고 있다.

목질계 에탄올 생산기술 개발은 1993년 이후 체계를 갖추어 실증 플랜트가 운전 연구되고 있다. 고율 메탄발효 공정은 혐기성 여상 공정이 현대엔지니어링이 참여 상용화 보급되고 있고, UASB(상향류 슬러지 층상 반응기)공정은 (주)대우 의해 100톤 급 pilot 연구가 완료되어 500톤급 반응기의 상업화가 실증단계에 있다.

메탄발효 공정은 현재는 투자여력이 있는 산업체에 보급되어 왔고, 축산업이 기업화하고 환경규제가 나날이 엄격해짐에 따라 축산폐기물에서도 본격적 대형 플랜트 형태로의 보급이 필요한 시점이다. 유럽에서는 활발히 연구되어 보급단계에 잇는 유기성 폐기물 메탄 가스화 기술은 기초 및 응용연구가 이루어졌으며 최근 음식물쓰레기 직매립 금지에 따라 각 지방자치단체를 중심으로 보급이 이루어지고 있다.

한편, LFG발전기술은 현재 13개 광역 위생매립지를 중심으로 활발히 개발이 추진되고 있다. 김포 매립지에서는 6.5MW LFG발전 시설이 가동 중이며, 난지도 매립지는 매립지 가스가 상암경기장 및 지역난방공사에 공급되고 있다. 부산, 대전, 대구시 등지에서는 민간업자의 참여로 LFG 이용이 적극 추진되고 있다.

미래의 바이오에너지 기술로서 바이오 디젤 생산 및 이용, 바이오 수소생산, 미세조류에 의한 이산화탄소 고정화 기술등이 실용화를 목표로 응용연구 단계에 도달해 있으며 향후 유망한 바이오에너지 기술로서 개발이 기대되고 있다.

## 4.4 수소 에너지

에너지원을 중심으로 볼 때 인류 에너지의 역사는 세 시기로 구분할 수 있다. 첫 번째는 선사 시대 이래로 나무를 태워 에너지를 얻었던 나무의 시대였고 두 번째는 증기 기관과 함께 19세기를 주름잡았던 석탄의 시대였다. 세 번째 시대가 현재 우리가 살고 있는 석유의 시대이다. 석유가 공급 부족과 경제성 상실로 점차 쇠퇴한 후 다음 시대 인류의 주 에너지원으로 많은 이들의 기대를 받고 있는 것이 바로 수소 에너지이다. 아마도 석유의 시대를 지나 맞이 하는 네 번째 시대는 수소의 시대가 될 것으로 보인다.

그렇다면 석유 시대 이후의 에너지원으로 수소가 주목을 받는 이유는 무엇일까.

지금까지 살펴본 대부분의 대체 에너지원은 무형의 에너지원이다. 풍력이나, 태양열 등은 모두 석유나 석탄과 같은 어떤 유형의 물질이 아니다. 따라서 그 에너지원은 그 에너지원을 공급 받을 수 있는 특정 지역에서만 활용될 수 있을 뿐, 이를 변형하거나 저장하여 다른 지역으로 이동시키는 것이 힘들다. 따라서 석유처럼 대중화 되기에는 한계가 있다.

그러나 수소는 생산된 수소를 고압이나 저온으로 액화시키거나 고체 물질에 흡착하는 방법 등으로 저장하여 운송하는 것이 가능하다. 그러면서 다른 신재생에너지원과 같이 고갈되지 않고 재생 가능한 특징을 지닌다. 수소는 지구상에 가장 풍부하게 존재하는 원소로 물을 비롯한 다양한 화합물에 존재한다. 물만 해도 지구 표면의 약 70%를 덮고 있을 정도로 충분하게 있기 때문에 고갈의 위험의 거의 없다. 또한 연소나 화학반응으로 에너지를 생산하고 난 이후에는 다시 물로 배출되기 때문에 재생 가능한 자원이다. 그리고 연소 과정에서도 극소량의 질소화합물 이외에는 다른 오염물질을 발생시키지 않기 때문에 환경 문제에서도 자유로운 청정 에너지원이다.

이러한 장점으로 인해 수소는 석유를 뒤이을 차세대 에너지원으로 낙점 된 상태이다.

그러나 현재 해결하지 못한 수많은 문제점으로 인해 아직은 먼 미래의 이야기일 뿐 당장 활용할 수는 없다는 것이 가장 커다란 문제점이다.

수소를 에너지원으로 사용하기 위해서는 현재의 석유 에너지 시스템과 같은 많은 기초 기술과 막대한 사회 기반 시설이 구축 되어야 한다. 석유의 경우 전 세계에 걸쳐 대규모의 탐사, 채굴 시설이 구축되어 있고, 채굴된 석유를 정제할 수 있는 정유 시설과 각종 운반, 저장 시설, 그리고 이를 효율적으로 사용할 수 있는 내연기관과 같은 활용 장치들이 수많은 연구 개발을 통해 실용화된 상태이다.

따라서 수소가 차세대 에너지원으로 본격적으로 사용되기 위해서는 수소를 경제적인 가격으로 제조, 생산할 수 있어야 하고, 저렴한 비용으로 이를 저장 운송할 수 있어야 하며, 이렇게 만들어진 수소를 효율적으로 활용할 수 있는 장치들이 모두 개발되어야 한다. 그러나 수소가 갖고 있는 몇 가지 특징으로 인해 대부분의 기술이 아직까지 연구 개발 단계로 직접 활용하기 까지는 많은 시간과 자본의 투자가 필요하다.

장기적인 관점에 볼 때 인류는 결국 수소 에너지 사회로 옮겨 가겠지만 이러한 한계로 인해 그 시기는 대략 2040년 이후가 될 것으로 전망하고 있다.

일부 환경론자들을 포함한 사회 일각에서는 "수소 경제"가 바로 우리 가까이에 있는 것 같은 인상을 주며 우리를 구원해줄 무궁무진한 기적의 에너지원으로 수소를 칭송하면서 연구비를 타내고 있다. 그러나 수소에 관해 조금만 살펴보면, 이런 수소 예찬자들을 “고의적으로 사기를 치는 것”이라고 밖에 볼 수 없다.

수소는 기껏 에너지 운반체일 뿐 에너지원이 아니다. 수소는 지구상에 무궁무진한 물을 분해하여 얻을 수 있다지만, 물은 간단히 분해되는 것이 아니다. 물을 분해하는 데에 드는 에너지는 어디서 얻을 것인가?

현재 수소는 깨끗한 에너지가 아니다. 현재 생산되는 수소의 96%(천연가스 48%, 석유 30%, 석탄 18%)는 화석 연료에서 증기 개질(steam reformation)이라는 공정을 통해 얻는다. 이 증기 개질 과정은 수소(H<sub>2</sub>)와 함께 온실 가스인 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 다른 오염 물질들을 공기 중에 배출한다. 나머지 수소 4%는 전기분해를 통해 얻어지는 데, 여기에 이용되는 전기는 대부분 화석연료나 원자력을 통해 생산된 전기이다.

수소가 깨끗한 에너지가 되려면 수소가 깨끗한 재생 가능에너지 전기로 만들어져야 한다. 그래서 수소는 재생가능 에너지를 풍부하게 이용 가능할 때 부분적인 역할을 할 수 있을지 모른다. 그러나, 수소 경제에 필요한 거대한 인프라를 생각해 보면, 다가오는 석유 정점을 고려할 때, 부분적인 수소 경제도 어려울 가능성이 높다.

정부는 "수소경제마스터플랜"을 2005년 상반기 이내에 마련하겠다고 했다. 정부 차원에서 수소를 중심에 두고 에너지정책을 내어 놓으려는 것은 원자력 세력의 강한 영향 아래 에너지 정책이 주도되고 있음을 보여준다. 우리나라 재생가능 에너지정책을 총괄하는 신재생에너지과가 산업자원부 원전 사업기획단 아래에 놓여있다는 것은 이를 명백히 보여준다.

원자력 쪽에서는 원자력에서 얻는 높은 열을 직접 이용하는 열분해 과정을 통해 수소를 대량 생산하겠다는 계산이다. 그러나 지금 핵에너지는 세계 1차에너지의 6%(BP 2004년 통계)정도 차지하고 있는데, 현재의 기술과 소비량을 기준으로 우라늄 매장량이 40년밖에 안된다는 한계를 피하기 어렵다. 그들이 주장하는 "차세대" "친 환경" 원자로는 2030년이나 개발될 예정 이라는데, 성공 가능성도 알 수 없고, 그들의 주장대로 원자력을 계속 확대하면, 우리의 후세들은 생존에 필요한 기본적인 에너지도 모자라는 상황에서 핵폐기물을 감당하느라 소중한 에너지를 낭비하게 될 것이다.

## 4.5 연료전지

연료전지는 수소에너지 시스템의 한 축으로 현재 석유 시스템의 내연기관과 같은 존재이다. 석유 에너지원이 처음 발견 당시에는 등불로 쓰이다가 내연기관의 발전과 함께 급격하게 기존 에너지 시스템을 대체하였다. 이는 석유가 내연기관을 통해 효율적으로 석유를 열, 동력, 전기 에너지로 변환되었기 때문이다. 연료전지는 이러한 내연기관과 유사하게 수소 혹은 수소를 추출할 수 있는 물질을 에너지원으로 하여 효율적으로 전기에너지를 생산하는 기능을 한다.

그러나 수소의 경우 활용할 수 있는 기반 시설이 부족하기 때문에 현재 개발 중인 대부분의 연료 전지는 수소를 다량으로 포함하는 물질인 메탄올이나 천연가스등을 연료로 하는 연료 전지이다. 이러한 연료전지의 개발은 보다 효율적인 전기생산을 가능하도록 해 주겠지만 궁극적으로는 수소 에너

지 사회를 앞당기는 중요한 요인이 될 것이다.

전지는 화학적 에너지를 전기 에너지로 변환해주는 기기를 말한다. 이러한 기능을 갖는 전지는 크게 1차 전지와 2차 전지, 연료 전지의 세가지 종류로 나뉠 수 있는데 그 특징은 다음과 같다.

▶ 연료 전지 종류 및 특성 비교

구분	종류	특징
1차 전지	망간 건전지 알카라인 건전지 등	일반건전지로 내부 화합물의 화학반응을 통해 전기를 생산. 화학반응이 끝나면 수명이 다한다.
2차 전지	Ni-Cd 충전지 리튬이온 충전지 리튬폴리머 충전지 등	충전지로 외부에서 전기를 공급받아 이를 화학적 에너지로 변환하여 저장한 후 이를 다시 전기로 바꾸어 사용한다.
연료 전지	PEMFC PAFC MCFC 등	외부에서 연료 물질을 공급받아 이를 반응시켜 전기를 생산한다. 연료 공급을 통해 지속적으로 전기 생산이 가능하다.

자료 : 한국과학기술정보연구원

현재 대부분의 전기 생산은 연료를 연소시켜 발생한 열 에너지를 전기 에너지로 변환하여 생산하는 구조이다. 이 경우 각각의 에너지 변환 과정에서 손실이 크기 때문에 효율이 낮아지게 된다. 그러나 연료전지의 경우 연료를 연소시키지 않고 직접적인 화학반응을 통해 전기를 생산하기 때문에 기존에 비해 효율이 매우 뛰어나다. 또한 반응 과정에서 열 에너지가 발생하기 때문에 이를 재활용할 경우 전체적인 효율은 더욱 높아진다.

현재 개발 중인 연료 전지들은 다음과 같다.

▶ 현재 개발중인 연료 전지의 특성

종류	발전온도	전해질	주연료	기술수준	적용대상
고분자전해질형 PEMFC DMFC	상온~100℃	이온(H <sup>+</sup> )전도성 고분자 막	수소 메탄올	개발 및 실증단계	소형전원 자동차
인산형(PAFC)	150~200 ℃	인산(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	천연가스 메탄올	상용화단계	분산전원

용융탄산염(MCFC)	600~700 °C	용융탄산염 (Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	천연가스 석탄가스	개발단계	복합발전 열병합발전
고체산화물(SOFC)	700~1000 °C	고체산화물 Yttria-stabilized zirconia	천연가스 석탄가스	개발단계	복합발전 열병합발전
알칼리형(AFC)	상온~ 100 °C		수소	사용중	특수목적

자료 : 한국과학기술정보연구원

이들 연료전지는 용도에 따라 크게 세가지로 나뉜다. 하나는 가정이나 빌딩, 중소규모 산업시설에서 사용하는 거치용 연료 전지이고 다른 하나는 자동차나 항공기, 선박 등에서 사용하는 운송용 연료 전지, 마지막으로 노트북이나 휴대폰과 같은 소형 가전기기에 쓰일 휴대용 연료 전지이다.

현재 일부 거치용 연료전지의 경우 상용화되어 사용 중이나 아직까지 높은 가격과 안정성 문제 등으로 본격적인 사용은 2010년 이후에나 가능할 것으로 전망하고 있다.



2005년 2월 발효된 교토의정서로 인하여 한국을 포함한 협약 비준국들은 지구 온난화의 주범이 이산화탄소 배출량을 의무적으로 줄여야 한다. 줄일 수 없다면 탄소를 배출하는 만큼 탄소 배출권을 사와야 하므로 기업으로선 경비 부담이 늘어나게 된다. 이에 따라 깨끗한 차세대 에너지를 발굴하고 상품화하는 클린 전쟁(clean war)이 세계적으로 확산되고 있으며 클린 전쟁이 가장 치열한 곳은 자동차 산업이다. 미국,일본,유럽연합 등은 매년 환경 친화적인 미래형 자동차 개발에 수 천억원씩을 투자하고 있다.

수소에너지 개발이 가속화 되면서 100년 동안 사용해 온 가솔린 엔진은 조만간 역사의 뒤 페이지로 사라질 전망이다.

## 5. 가?

많은 사람들이 석유 수급 불균형이 야기시킨 고유가시대의 실질적 대안으로 원자력 에너지를 제시하고 있다. 그렇다면 과연 원자력이 고유가 시대의 대안이 될 수 있는가 검토해 보도록 하겠다.

### 5.1 선진국의 원자력 정책

먼저 선진국들의 원자력 산업 현황을 살펴 보도록 하겠다.

원자력 발전은 초반부터 여러 가지 문제를 노출 시키기 시작했다. 충분한 지식이 없는 상태에서 산업발전에 밀려 빠른 속도로 원자력을 도입하면서, 원자로의 크기를 급격하게 대형화한 것이 원자력 발전의 운명을 단축시킨 가장 큰 원인으로 꼽힌다.

기존 기술을 전진시키기 보다는 현상태를 방어하려 함으로써, 원전산업은 점점 시민들로부터 고립되고 있으며 해결책을 찾기도 어렵게 되었다.(Nuclear Engineering International, May 1996)



세계전체로 보면 1970년대부터 원전 건설 계획의 감소가 시작되었고, 1980년대에는 건설 중인 원전 조차도 감소하기 시작하였다. 운행 중인 원전의 수도 90년대에 들어 점차 감소 단계에 들어섰다. 경제적, 기술적, 사회적인 어려움이 주요한 요인이 되고 있으나 더 근본적으로는 플루토늄 이용계획의 전망이 사라지면서 우라늄을 이용하려는 잇점이 사라졌기 때문이다.

#### 1) 스웨덴

스웨덴은 탈 핵에너지 정책의 선두주자라고 할 수 있다. 스웨덴에서는 체르노빌 사고가 있기 이전인 1980년 국민투표를 통해 가동 중인 12기의 핵 발전소를 2010년까지 폐쇄하기로 결정했다.

집권 사민당 정부는 민간회사 시드크래프트가 보유하고 있는 원자로 2기 가운데 1기를 98년 7월에 폐쇄 하였으며, 나머지 1기는 2001년 7월에 폐쇄 하였다. 스웨덴 정부는 원자력 발전 폐쇄로 인한 전력 손실 분을 가정 에너지 절약 및 생물체 배설물 등에서 생기는 합성연료, 풍력과 수력 발전을 통해 보충할 방침이다.

## 2) 이탈리아와 핀란드

이탈리아와 핀란드의 핵 산업은 체르노빌로부터 직접적으로 영향을 받은 경우다. 이탈리아는 체르노빌 사고 직후인 1987년 국민투표를 통해 5년의 유예기간을 설정하고 핵발전소의 추가 건설을 금지하기로 결정했으며, 현재까지 이런 정책을 유지하고 있다. 핀란드 역시 1986년 이후로는 신규 핵발전소 건설을 규제하고 있다. 특히 1993년 핀란드 의회는 정부의 핵발전소 추가 건설 계획을 부결함으로써 탈핵에너지 정책을 유지하고 있는 상황이다.

## 3) 독일

프랑스(56기)와 영국(35기)다음으로 유럽에서 가장 많은 핵발전소를 가동하고 있는 독일(20기)은 1980년 대 들어서 신규 핵발전소 발주가 단 한 건도 없다. 꿈의 핵발전소로 불리던 칼카르의 고속 증식로는 지난 91년 완공 되었지만 운전도 해보기 전에 폐쇄되었다. 현재는 대규모 놀이 시설로의 전환을 기다리고 있는 신세다. 또한 통일과 함께 동독에서 가동되고 있던 6기의 핵발전소를 폐쇄시켰으며, 5기의 핵발전소 추가 건설 계획도 포기되었다.

## 4) 스위스

90년 9월 국민투표를 통해 핵발전소 동결을 결정한 스위스도 핵에너지로부터 벗어나기 위해 애쓰고 있는 나라 가운데 하나다. 네덜란드와 스페인, 포르투갈 등도 탈핵에너지 정책을 유지하고 있다.

## 5) 프랑스

현재 서유럽에서는 유일하게 프랑스만이 핵에너지 정책을 고수하고 있다. 2차대전 이후 핵강대국으로서의 지위를 확보하려는 정치적, 군사적인 이유로부터 출발한 프랑스의 핵 산업은 지금에 와서는 전체 전력의 75%를 핵발전소로부터 얻을 정도로 에너지산업 전체를 구조적으로 장악하기에 이르렀다. 프랑스의 핵 산업은 이를 통해 내부적으로 강력한 이익집단을 형성하고 있다. 그러나 프랑스의 핵에너지 정책은 유럽 통합의 움직임과 함께 크게 흔들리고 있는 상태다.



다른 유럽 국가들의 다양하고 경제적인 신재생에너지 시스템이 프랑스 핵 산업에는 심한 충격을 주고 있기 때문이다. 이와 함께 3 백억 달러에 이르는 프랑스 국영 전력 회사의 부채 또한 핵 중심의 에너지 정책 유지에는 큰 부담이 아닐 수 없다. 여기에 프랑스가 '핵 산업의 미래'로 심혈을 기울여 왔던 고속증식로 '슈퍼피닉스 계획'의 실패는 프랑스 에너지정책 전환의 계기가 될 것으로 예측된다.

## 6) 캐나다

1996년 원자로 7기를 폐쇄하기로 결정했고, 줄어든 전력은 천연가스발전소로 대체할 예정이다. 캐나다의 사례가 명확히 보여주듯, 폐쇄된 원자로 대신 신규 원자로를 건설하려는 전력회사는 거의 없다. 엄청난 운영 비용과 불명확한 폐기물처리가 주된 원인이다.

## 7) 일본

일본의 경우 유럽, 미국과 같은 극적인 감소는 보여주지 않으나, 원전산업 쇠퇴경향이 두드러진 상태다. 체르노빌 원전폭발사고가 일어나기 전에는 매년 평균 2기씩 주문되던 것이 1990년 이후로는 총주문량이 2기밖에 되지 않았다. 이에 미스비시, 도시바, 히타치의 거대회사는 원자력부를 감축 시킬 수 밖에 없었고, 동경대학을 포함한 많은 국립대의 원자력공학과가 사라졌다.

그럼에도 불구하고 원전을 중심으로 그 동안 성장해 온 일본의 거대관료조직의 관성과 기반 조직들은 이러한 어려움을 인정하면서도 기존 원전계획을 고수하고 있다. 교토의정서 발효를 계기로 원자력이 "이산화탄소 배출이 없는" 에너지원이라며 사업추진의 기회로 삼고 있다. 탄산가스 배출을 줄이기 위해 2030년까지 100GW원전을 증설한다는 것은 비현실적이고, 불가능하다는 사실을 일본 통산성도 잘 알고 있으나, 정책고수를 내세우는 실제 이유는 일본 원전계획이 아직도 건재하다는 것을 외부에 증명하려고 하기 때문이다. 이는 원전기술을 아시아시장에 수출하려는 의도를 가지고 있기 때문이고, 일본에게 한국은 그들의 산업 유인책이 가장 잘 먹히는 국가로 인식될 듯 싶다.

또한, 원전 선진국들이 플루토늄 이용계획을 포기하고 원자력으로부터의 후퇴를 개시한 가운데, 일본만이 90년대에 들어 플루토늄 이용계획을 구체화하기 시작했으나, 시운행 중인 몬주나트룸 화재사고와 토카이 재처리공장의 폭발사고로 플루토늄 이용계획(고속증식로 사업)은 좌절되었다.

플루토늄 이용계획의 좌절은 이미 영국과 프랑스에 재처리를 위탁한 프로토늄 이용 목표가 없어지고, 재처리공장의 건설 이유도 없어지게 된 것이다. 원자력산업의 입장에서 보면 장래의 건설 계획과 현재 건설 중인 현장을 유지하지 못하면 필요한 인재를 확보하고 생산라인을 유지하기 어려운 상황이 전개된다. 이처럼 산업으로서의 원자력 시대는 이미 최종단계에 달했다고 말할 수 있다.

## 5.2 국내 원자력정책

### 5.2.1 원전건설 및 발전 현황

1998년 8월 최초의 한국 표준형 원전인 울진 3호기가 준공됨으로써 원자력계의 오랜 숙원이었던 우리나라 고유의 독자적인 원전 모델을 확보하는 쾌거를 이룩하였다. 2005년 5월 현재 부산시 기장군에 4기, 경북 경주시에 4기, 전남 영광에 6기, 경북 울진에 6기 등 모두 **20의 원자력발전소가 운영**되고 있다. 시설용량으로는 1,772만kW로서 세계 6위의 원자력발전소 보유국이다. 2003년 원자력발전 설비용량은 전체 발전설비용량의 28%를 차지하고 있으며, 2003년 중의 원자력발전량은 12,967Mw로서 전체발전량의 40.2%를 차지하고 있다.



말하자면 우리가 쓰고 있는 전기의 40% 이상이 원자력으로 만들어지고 있는 것이다. 한국의 이러한 발전량은 시설 용량에 비해 매우 높은 것으로, 이는 다른 발전설비에 비해 원자력 발전 설비 이용률이 그만큼 높다는 것을 의미한다.

한국은 2003년 기준 원전 운영의 대표적인 평가 지표인 이용률 92.7%로 세계적으로 가장 높은 이용률을 나타내고 있다. (네덜란드 94.4%, 인도 93.4%)

또한, 2010년부터는 경제성과 안전성이 더욱 향상된 140만kw급 신형경수로 1400(APR-Advanced Power Reactor)이 준공 운영될 예정이며, 2015년까지 4기의 원전을 추가로 건설하여 전력 공급 안정에 기여할 예정이다.

선진국들이 이미 원자력 발전을 폐쇄하거나 포기하는 반면 한국의 에너지 정책은 이렇듯 세계화 흐름과 무관하게 매우 독보적인, 친원자력 정책을 펴고 있다. 선진국들이야 자국 국민을 보호하기 위해 원자력을 폐쇄하고, 자국의 원자력 산업을 보호하기 위해 아시아 신흥 시장에 원자력을 보급한다지만, 한국의 친핵은 어떠한 미래를 가지고 있는 것일까?

## 5.2.2 해결되지 못한 핵폐기물 사고

앞서 주요 선진 국가들의 반핵(반원자력)정책의 주요 원인으로 지적되고 있는 원자력 발전사고의 두 가지 예를 살펴 보도록 하겠다.

### ▶ 구소련 : 체르노빌 원전 사고

1986년 4월 26일 새벽 1시 23분, 구소련 우크라이나 공화국 키예프에서 120km 떨어져 있는 체르노빌 핵발전소 4호기에서 대량의 방사능이 분출되는 최악의 핵 사고가 발생했다.

4월 25일 이 발전소에서는 원자로에서 핵분열이 중단될 경우 관성의 힘으로 얼마나 오랫동안 터빈이 돌아가 발전이 가능할 것인가에 관한 실험이 진행되고 있었다.



불행히도 4호기 원자로 실험 도중 원자로 자동 냉각계에 관한 수칙이 지켜지지 않았고, 결국 4월 26일 새벽 1시 23분 원자로의 과열로 인하여 폭발하게 되어, 8톤 가량의 엄청난 방사능 물질이 대기중에 방출되었다.

수천 톤의 철과 콘크리트로 만들어진 원자로 차단벽은 단 몇 초만에 폐허가 됐고, 원자로 내부의 핵연료는 수천도의 온도에서 핵화산과 같이 불타 버렸으며, 이로 인해 일본 히로시마 원폭투하 때보다 천 배나 많은 방사능 물질이 여기서 방출되었다.

원자로는 폭발 후 10일 동안 방사능 물질이 유출되었으며, 사고 발생 후 몇 시간 안에 치명적인 요오드와 세슘을 대기로 방출 시켰다. 많은 양의 방사능이 한 순간에 공중에 뿌려졌고, 1주일 뒤에는 지중해 연안까지 번졌으며, 일부는 8천 km나 떨어진 한국에까지 상륙했다.

이 사고로 인하여 지역 내 많은 건물과 자연 생태계가 심하게 오염되었으며, 사고시 화재 진화를 위하여 5천 톤의 납과 백운석 등이 투하되었고, 그 위에 1만 톤의 콘크리트를 뒤덮어 두었으나, 20년이 지난 지금도 높은 수치의 방사선이 배출되고 있다. 주변 지역에 있는 수백만 톤의 오염된 토양과 수목도 아직 제거 되지 못하고 있으며, 이곳이 키예브 지역 250만 주민의 상수원이 되는 드니퍼강의 상류에 해당되기 때문에, 사고 지역에 잔류하는 방사능 물질이 강에 유입되는 것을 차단하는 것이 아직까지도 문제로 남아 있다.

이 사건의 초기 사망자는 31 명에 불과했지만 방사능 감염으로 인하여 사고 발생 4 년 후에는 사망자가 300 명 정도로 늘어난 것으로 구소련 당국은 발표하였다. 1986 년에서 1990 년까지의 통계 자료에 따르면, 체르노빌 방사능 영향 지역에서 갑상선 질환, 암, 백혈병 발생률이 50% 이상 증가하였으며, 유산, 사산, 기형아 발생률도 크게 증가하였다. 또한 체르노빌 주변의 광범위한 지역에서 기형적으로 커지는 식물이 확인되었고, 주변 지역의 농장에서 눈이나 귀가 없는 가축이 계속 태어나고 있으며, 사고 2 년 후인 1988 년 1 년 동안에 10 개 농장에서 돼지 119 마리와 송아지 37 마리가 기형으로 태어났음이 확인된 바 있다.

더욱이 체르노빌에서 누출된 방사능 물질은 지구상에 300 년 동안 잔류하게 될 것이기에, 장래 수천내지 수백만 명의 백혈병 및 암 환자가 발생할 것으로 전문가들은 경고하고 있다. 근무자의 안전 수칙 불이행이라는 사소한 보이는 원인에서 발생한 체르노빌 사고는 세계 전역에 걸쳐 엄청난 피해를 입혔을 뿐만 아니라, 핵 발전의 안전성에 대한 의문을 다시 한번 제기하는 계기가 되었다.

### ▶ 미국의 드리마일 섬 원전 사고

1979 년 3 월 28 일 미국 펜실바니아 드리마일 섬(Three-Mile island)의 원자력 발전소에서 가동중인 가압 경수로(95 만 5 천 Kw 급)가 주급수 펌프 계통의 고장으로 인하여 터빈 발전기가 정지되었다.

이 때 원자로는 정지되었으나, 가압기의 압력 배출판이 개방된 채여서 원자로내의 많은 양의 물이 흘러 나왔으며, 비상 냉각 장치의 작동이 운전원의 부주의로 잠깐 동안 멈추는 잘못까지 겹쳐지면서 대량의 방사능 물질이 밖으로 누출되는 사고가 발생하였다. 더욱이 이 원자로를 시운전을 시작한 지 겨우 4 개월이 지난 원자로였다.



사고 후 발전소는 5일 동안 계속해서 방사능 물질을 방출함으로써 주위 환경을 오염시켰다. 당시 사고 지정 반경 80Km내에 거주하던 200 만 명의 주민이 유출된 방사능 물질에 노출되었다. 주지사는 반경 8Km이내의 어린이와 임산부를 피난토록 권고하였으며, 다행히 이 사고로 인한 직접적인 사망자는 없었으나

20억 달러에 상당하는 원자로는 단 30초 만에 파괴되었다. 또한, 이 때 누출된 방사능으로 인하여 다른 지역 대비 드리마일섬 주위에서 유아 사망률이 두 배 이상 급증했다고 보고되고 있으며, 방사능 물질에 민감하게 반응하는 갑상선에 이상을 가지고 태어나는 신생아가 50%나 되는 것으로 펜실바니아주 보건부는 보고하였다. 또한, 주민들 중 기형아 출생과 암 환자가 급격히 증가하여, 암 발병률이 인구 만 명당 백십 명의 비율로 나타났다.

이에 미국 핵연구소는 드리마일 핵발전소 사고의 피해는 보도된 것보다 훨씬 더 심각하다고 발표하기에 이르렀고, 드리마일 핵발전소 사건은 원자력이 안전하고 깨끗한 새로운 에너지라는 환상에 사로잡혔던 미국인들에게 큰 충격을 주었다.

그런데, 이 드리마일 핵사고는 한국의 원자력 정책과 매우 밀접한 관계가 있다. 1970년대 후반 특히 미국의 드리마일성 핵사고 이후 서구 시장에서 밀려난 미국, 독일, 프랑스, 캐나다의 핵산업체들이 아시아 신흥 시장으로 눈길을 돌리기 시작하면서, 한국의 원자력 정책이 탄생하게 되었다는 점이다.

### ▶ 국민의 생명을 2만 년간 담보로 해야 하는 원자력

핵폐기물은 최소한 300년에서 길게는 수 십만 년간 생태계로부터 격리시켜야 하는 지구상에서 최고의 맹독성 물질로 극미한 양으로도 치명적 독성을 미친다. 핵폐기물에 의한 방사능 누출은 바람이나 비에 의해서 멀리 퍼지기 때문에 재앙 규모가 다른 사고와 비교될 수 없을 만큼 커지게 된다. 또한 핵폐기물에 의한 재앙은 자연 재해와 달리 수십, 수백 년에 걸쳐 계속해서 방사능을 뿜어 내며 수 세대를 거쳐 생명 있는 모든 것들을 사멸 시키거나 주변 생태계를 황폐화 시킨다. 아무리 안전하다는 캠페인을 벌이고 있어도, 이미 전세계적으로 핵폐기물로 인한 재앙이 여러 차례 일어났고 완벽하게 핵폐기물을 처분할 수 있는 나라는 세계 어느 곳에도 없다.

현재 정부가 추진중인 핵폐기장에는 저준위 핵폐기물 뿐 아니라 사용후 핵연료인 고준위 핵폐기물의 저장시설과 재처리 기술에 대해 연구할 수 있는 시설도 포함되어 있다. 사용후 핵연료인 고준위 핵폐기물에는 100만분의 1그램만 흡입하여도 암에 걸리는 플루토늄 239가 포함되어 있으며 그 독성이 반으로 줄어드는데 2만 4천년이 걸린다. 그리고 임시 저장을 위해 사용후에 핵연료인 고준위 핵폐기물을 운반하는 것 자체가 더 위험하다.

더욱이 한전은 약 30년 동안의 제도적 관리기간을 설정하고 이 기간 동안만 주민들에게 지원을 하고 핵폐기장을 직접 관리할 계획을 가지고 있다. 이 정도 기간이면 핵폐기물의 독성이 상당량 사라지는 것으로 추정하는 것인데, 이 곳에 보관 될 핵폐기물에는 반감기가 300년에 달하는 세슘이 핵발전소의 1차 냉각계통에 있으며, 우라늄이나 플루토늄 같은 수만 년의 반감기를 가진 것들에 오염된 물품들이 상당수 포함되어 있다. 핵폐기장은 결코 30년이라는 인간이 임의로 정한 시간이 지나면 안전해지는 시설이 아니며 단순히 기계적인 제어장치에 의존하기엔 위험부담이 매우 큰 상황이다.

한 정권의 재임기간 5년 동안 에너지 정책 방향은 솔직히 두개라고 할 수 있다. 이권과 안정적 공급이면 족한 상황이다. 결코 재임 후 20년 혹은 2만년 후의 후세 국민까지를 보는 정책을 펴 달라는 것은 현 정치 상황상 무리한 요구가 될 것이다. 그들이 원하는 것은 5년간 혹은 그들 생존기간 동안 원전 사고가 일어나지 않는 정도 선에서, 자국 경제 성장에 해가 없다면 차선책을 선택하기가 힘들

다. 이미 너무 많은 이권 단체가 이 원자력 에너지 정책과 맞물려 있기 때문이다. 나와 내 후손의 생명을 2만 년간 담보로 해서 내가 낸 혈세로 원자력 정책을 펴도, 다수의 수익이 보장된다면 도덕적 기준이나, 환경적 부당함은 무시되고 있는 것이 현실이라는 이야기다. 즉, 그들에게 더 큰 이권을 제시하는 것 외에는 자본주의에서 그들을 설득할 길은 요원하다. 그렇다면 원자력이 고유가 시대 석유 수급 불균형의 대안이 될 수 있는지 살펴 보도록 하겠다.

### 5.2.3 원자력이 대안이 될 수 없는 이유들

#### ▶ 우라늄의 가채년수 및 경제성 악화

원자력에 사용되는 우라늄은 우라늄-235 이다. 그러나 이것의 가채년수는 60년 정도이다. 우라늄의 에너지 비중이 전체에서 6.7%이니 우라늄으로 석유를 대체할 경우 전체에서 35.5%로 우라늄 비중이 확대 되게 된다.

이 경우 우라늄의 가채년수는 11년으로 줄어든다. 즉, 적게 사용하는 현재 기준으로는 60년이지만 석유 대체시 가장 먼저 고갈되는 자원이 우라늄이 되는 것이다. 유한자원을 유한자원으로 대체한다는 것은 결국 가채년수를 축소 시키기 때문이다. 이것이 우라늄이 가진 가장 큰 문제이며, 이것이 원자력이 대안이 될 수 없는 결정적인 이유이다.

물론 우라늄을 원료로 사용 하는 다른 방법이 있긴 하다. 일반원자로에 사용하는 우라늄 -235대신 고속증식 시킨 우라늄-238을 사용하는 것이다. 우라늄의 99%가 우라늄 -238이며, 우리가 원료로 사용하는 우라늄-235는 극히 적다. 그러나 -238은 풍부하나 그 자체로 연료가 되지 못한다. 고속증식로를 이용하면 우라늄 -238을 연료로 사용할 수 있다. 238을 연료로 이용하는 방법은 고속증식로에 235와 함께 238을 넣는 것이다.

그러면 235로부터는 원자력에너지를 얻고 이 과정에서 우라늄-238은 플루토늄-239로 변하게 된다. 물론 이 경우 235만을 직접 사용하는 기존 원자로에 비해 얻는 원자력에너지 효율성은 상당히 떨어진다. 우라늄 -238은 연료가 되지 못하나 -238이 변한 플루토늄 -239는 연료로 사용할 수 있다. 이렇게 플루토늄 -239를 생산할 경우 인류는 수 천년 정도 원자력에너지를 얻을 수 있다. 그러나 고속증식로는 몇 가지 중대한 단점을 갖고 있다.

- 1) 일반증식로에 비해 아직 기술적으로 취약하여 핵에너지의 안정성이 보장되지 못한다는 점
- 2) 플루토늄을 이용해 다량의 핵무기를 만들 수 있다는 점
- 3) 핵에너지 사용 후 핵폐기물이 생성되는데 이 핵폐기물은 10만 년 동안 방사능을 배출한다는 점
- 4) 고속증식로를 이용한 원자력의 효율성은 상당히 낮아서 핵에너지의 발전단가는 화석연료를 이용한 것보다 2배 정도로 비싸다는 점

1kwh당 생산비용은 화석연료는 6센트 정도이고 고속증식 원자력 이용 시 11~13센트이다. 참고로 일반원자로는 3~4센트 정도이다. 계속 사용할 수 있는 원자로는 있으나 경제성이 떨어진다는 것이다.

또한, 현재의 석유 수급 불균형 문제는 일시적 상황이 아니며 어느 특정국가에 한정된 것이 아니니, 우라늄에 대한 경제성은 수요가 팽창 될 경우 점점 악화 되는 것이 당연하다.

일례로 2005년 3월 기준 정련 된 산화우라늄(옐로 케이크)의 현물가격(스팟가격)은 2000년 12월의 1파운드당 7.1달러보다 무려 세배 이상 급등한 21.75달러를 기록하고 있다. 전문가들은 2006년 우라늄 가격이 파운드 당 30달러를 웃돌 것으로 전망하고 있으며, 이는 고유가 시대 석유에 대한 대체 수요로 아시아의 원전 계획에 따른 우라늄 수급불안이라는 시장 전망에 힘입은 것이라고 전했다.

또한, '년-루거 프로그램'으로 알려진 '메가톤 투 메가와트' 프로젝트로 인한 군사용 고농축 우라늄 비축분의 소진으로 세계 우라늄시장에 엄청난 공급 부족이 예상되고 있다. 현재 전세계 우라늄 연 소비량 6만 7천t과 생산량 4만t 사이의 차이는 그 동안 러시아 핵무기 해체 과정에서 나온 군사용 고농축(순도 90% 이상) 우라늄 500t을 발전용 저농축 우라늄(4%)으로 전환한 비축분이 15%정도 메워왔고, 나머지는 폐연료봉의 재처리 등으로 충당해 왔기 때문이다. 즉, 우라늄 역시 재처리 될 우라늄의 소진과 더불어 아시아 국가들의 원전 계획으로 수급 불균형이 예상되고 있으며, 이는 석유와 함께 우라늄의 가격 상승요인으로 작용하게 되는 것이다.

이처럼 석유란 유한 자원을 우라늄이란 유한자원으로 대체한다는 것은 가채년수 축소와 경제성 악화를 동시에 일으키게 될 전망이다.

### **▶ 운영적 측면에서 살펴 본 원자력의 경제성 검토**

우라늄을 원료로 하는 원자력 에너지는 운영적 측면에서도 크게 두 가지의 경제적 취약성이 있다고 할 수 있다.

- 1) 점진적으로 증가하는 원자력 발전 및 사후처리 관련 사회적 갈등 비용과 핵폐기물 저장소 건설비용 및 핵발전소해체 비용등을 발전원가에 충분히 포함시켰느냐 하는 점이다.
- 2) 정책의 편리성으로 인해 너무 막대한 자본이 쓸데없이 낭비되고 있다는 점이다.

#### **1) 원자력 사용에 따른 사후 관리 비용은 어디까지 포함시켜야 하는가.?**

우리가 흔하게 에너지원별 경제성을 논할 때 발전원가(原價)를 비교하는데, 발전원가란 건설비를 포함한 고정비, 연료비 및 운전 유지비를 고려하여 계산한다. 특히, 현존한 에너지원 중 가장 경제력이라는 원자력 발전원가에는 수명 후 발전소 처리 비용과 사용 후 연료처리비용 및 방사성폐기물 처분 비용이 포함되어 있다.

그런데, 과연 이 사후처리 비용이 얼마만큼, 어느 정도의 기간을 기준으로 어떻게 산정 된 것인지, 명확한 데이터도 없고 명확한 데이터를 제시하기도 어려운 부분이 바로 이 원자력 발전원가의 맹점이다.

즉, 원자력의 경제성이 단순 발전 건설비나 임의로 설정한 시간내의 사후 비용이 아닌 국민들이 납득할 충분한 수준의 사후관리 비용이 포함되어 있을지 의구심이 든다.

첫째. 원자력 산업에 있어서 가장 커다란 경제적 문제점은 발전소 건설 사업에 드는 자본비용의 부담이 점점 더 커지고 있다는 데에 있다. 제 5차 장기 전력 수급계획에 따르면 2015년까지 추가로 14기의 원자력 발전소를 추가 건설하는데 드는 비용이 28조 원 (미화 230억 달러)에 이르고 있다. 더욱이 이는 신규 원자력 발전소와 수요 중심지를 연결할 송배전망 건설에 필요한 비용을 제외한 금액이다.

둘째. 원자력 사용 운영자금에서 빼놓을 수 없는 것이 바로 원전 해체 작업에 들어가는 비용이다. 현재 정부에서 책정한 원자력 발전 원가에서 해체 비용으로 잡은 금액은 1,600억 원이다. 현재 국제 에너지 기구의 보고서에서 가장 낮게 책정된 원자력 발전소 해체 비용은 1000KW당 30만 달러이다. 이 비용을 한국에 가장 많은 100만 kw급 원자력 발전소에 적용하면 3,000억 원(환율 1000원 기준)이다. 이 해체비용을 가장 높게 책정된 1000kw 당 220만 달러를 적용할 경우 100만kw급 발전소 해체 비용은 무려 2조 2천억 원이 넘는다. (International Energy Agency(2001), Nuclear Power in the OECD, Paris, 139면)

독일에서는 원전해체작업과 해체된 폐기물의 저장소 건설에 드는 비용이 원자력 발전소를 건설 하는데 드는 비용의(100만 KWh급 1기의 건설비용이 약 1조 2천억원 정도) 120%가 넘는 것으로 보고 하였다. 300년에서 1만 년 이상(고준위 폐기물) 폐기물 처분에 따른 비용은 가히 천문학적인 비용이 소요 되는 것이다.

2003년 9월에 발표된 Australia의 우라늄 정보센터(UIC)의 발표 자료에서는 미국의 가압경수로형 핵발전소(PWR) 해체 비용이 2001년 기준으로 \$200~500/kWe가 들며, 이를 한국의 대다수 원자력 전력인 100만 KW 급의 경우로 환산하면 최대 5천억 원 정도가(환율 1000원 적용) 들어가는 셈이다. 국제원자력기구 IAEA 역시, 영광 1호기의 해체 비용을 7천억 원 정도로 예측 하기도 했다.

이는 현재 우리가 알고 있는 원자력 발전단가 해체 비용의 무려 4배가 넘는 비용이다. 즉, 원전해체 비용과 폐기물 저장소 건설비로 발전소 1기당 대략 2조원 규모가 드는 것이다. 2004년 현재 정부에서는 발전소 해체 비용과 핵폐기물 처분 비용에 총당 될 사후 총당금으로 6조 원 이상이 적립 되어 있다고 한다. 그러나 이 기금 역시 해체 비용을 1,600억 원으로 책정하여 적립된 것으로, 독일은 원자력발전소 해체 비용과 처분 비용으로 약 35조 원을 적립하고 한다. 물론 독일의 발전소 규모가 한국의 1.5배이며, 발전기간도 길기는 하지만 그럼에도 현저히 낮은 상태임을 알 수 있다.



이처럼 찬핵론자들이 말하는 원자력의 경제성은 한쪽 눈을 가린 불충분한 원자력 발전 단가이며, 지속해서 늘어나는 사회적 갈등비용 및 핵폐기물 처리비용, 공급자와 소비자간의 송배전망 비용, 원자력 해체 및 최대 1만 년 이상의 폐기물 관리비용 등이 충분히 계산된 경제성이라고 할 수 없다.

## 2) 막대한 연구 자금과 캠페인 비용은 경제적 사용인가?

친원자력 정책에 힘입은 원자력에 대한 막대한 투자는 진정한 국내 자원이라고도 할 수 없으며, 에너지 다변화 정책을 위한 투자의 형평성에도 문제가 된다. 1997년 한해 만도 1,180억 원(미화 9,800만 달러)이 원자력 에너지 개발에 사용되었다. 1997년 원자력에너지 연구개발 중장기 지원기금<sup>4</sup> 마련에 관한 법률 통과로 1997년과 2006년 사이에 1조 2,180억 원(미화 10억 달러)이 추가로 원자력 연구(특히 핵폐기물 재활용 분야)와 새로운 연구 인력 양상에 투자 될 예정이다.

한전은 원자력 발전 관련 사업에 2조 5,300억 원(미화 21억 달러)을 투자 했는데 이는 한전의 총 연구개발 비용의 절반에 해당하는 금액이다. 이러한 원자력 에너지에 대한 제도적, 재정적 지원은 공급 위주의 전력 정책을 더욱 강화시키고 에너지 효율 개선이나 신재생에너지 기술의 개발을 정체 시킨다.

특히, 막대한 재정 능력을 가진 한전뿐 아니라 여러 정부 부처(특히 과학 기술부)와 원자력 관련 학회 및 단체들은 일반 대중을 상대로 원자력 에너지가 안전하고 환경 친화적이며, 현실적으로 가장 불가피한 에너지 대안이라고 선전하는 캠페인을 벌이고 있다. 1991년 원자력 관련 홍보 캠페인을 위해 에너지 문화재단까지 창립하여 운영하고 있으며, 이 재단은 한전과 방사능 물질을 사용하는 다른 산업체에 의해 후원을 받아, 막대한 캠페인 비용을 지출 하고 있다.

내부 자금으로 이러한 규모의 원자력 사업 확대를 감당할 수 없는 한전은 채권금융으로 자금을 조달할 수밖에 없으며, 이러한 한전의 채무 부담 증가는 결국 주주의 이득을 갉아 먹고 전력 가격 인상으로 이어져 소비자에게 전가될 것이다. 또한, 이러한 대규모 투자는 결국 에너지부문의 금융 부담을 증가시킬 것으로 보인다.

한국전력공사는 2002년 약 96억달러의 외채를 지고 있으며, 한 해 이자로 지불되는 부담금만도 6억 7천만 달러에 달하는데, 1997년과 1998년에 걸친 금융위기 때문에 외채의 원금 상환액만 2조 1천억 원(26억 달러)과 이자 부담금 2,100억 원(1억 7,500만 달러)을 추가로 지불하게 되었다.

---

<sup>4</sup> 이기금은 원자력 발전을 통해 생산된 전력에 대한 부과금(KW당 1.2원)으로 조성된다. 한전은 전년도 원자력 발전량에 따라 부과금을 낸다.

또한, 가장 가격 경쟁력이 있다는 원자력 발전소의 대규모 투자는 에너지 과소비까지 부추기고 있다. 예를 들어 한 전력회사가 5년 동안 200MW 용량을 추가해야 하는데 규모의 경제를 이유로 1000MW의 원자력 발전소(원자력 발전소의 통상 규모)를 짓는다면, 이러한 상황에서 전력회사는 과잉 용량을 가지게 되며 전력 수요가 용량을 따라 잡을 때까지 에너지 절약보다는 소비를 부추기게 되는 것이며, 막대한 자본 투자 비용을 위해 소비자는 그 가용량 전력비를 부담하게 되는 것이다.

### ▶ 원자력 발전의 사회적 취약성

핵에너지 체제를 유지하기 위해서는 중앙 집중식 계획과 엄격한 사회적 통제가 필요하다. **전력의 생산지와 전력 소비지와의 공간적 격리**는 한국의 전기 소비자들로 하여금 대규모 원자력 발전소와 관련된 환경 문제에 대해 무감각해지게 만들고 있다. 이는 국민들을 회유하는 유인 정책을 사용하여 편리성을 도모하기 쉽고, 오랜 친원자력 발전 연구로 기생하는 수많은 이권 관계자들의 기득권을 쉽게 인정해주게 만드는 주요 원인으로 꼽힌다.

대부분의 소비자들은 원자력 발전소 가동과 관련된 위험과 딜레마를 직접 경험하지 않기 때문에 전력 생산의 환경적, 사회적 비용이나 에너지 절약에 큰 관심을 기울이지 않게 된다. 미력하고 힘 없는 한정된 지역에 국한된 일이기에 책상에 앉아 원자력의 대안론을 역설하고 있다. 예를 들어 원자력 발전소 6기가 가동 중인 영광군의 평균 소득은 한국에서 최하위층에 속하며, 군 전체의 전기 소비가 서울의 백화점 하나의 전기 소비량을 넘지 않는다.

이는 현재의 중앙 집중적이고, 공급자 위주의 에너지 산업 체계가 소형화, 첨단화 되는 신에너지 산업 추세에도 반하는 상황이다. 향후 전력 생산이 보다 지역화되어 모든 지역사회가 스스로의 전기 소비와 관련된 환경 문제를 스스로 책임지게 된다면 이러한 사회적 취약성은 충분히 개선 될 것이다.

### ▶ 악화되는 원자력 발전의 경제력

1990년 안면도 주민들이 중앙 정부의 핵폐기물 처분장 설치 계획과 관련해 저항을 시작한 이래 정부의 핵폐기물 처분장 유치 역시, 2005년 현재까지도 난항을 거듭해 오고 있다. 그리고, 이러한 유치 난항 또한 **원자력의 경제적 경쟁력을 떨어트리게 된다**. 원자력발전의 경우 건설비가 총 평준화 발전원가에서 차지하는 비중이 약 70% 정도가 되기 때문에 원자력 반대로 인한 발전소 건설의 지연은 비용 상승의 주된 요인이 될 수 있기 때문이다.

최근 미국의 월드워치 연구소나 유럽의 여러 연구소에서는 이미 원자력의 경제성이 화력발전 보다 크게 떨어진다고 보고되고 있으며, 원자력 발전을 하고 있는 세계의 주요 국가의 평준화 발전원가를 비교해 보면, **원자력에 대한 저항이 커질수록 원자력 발전의 경제성이 떨어진다고 보고 되고 있다**.

과연, 점점증하고 있는 원자력 건설 비용과 사회적 갈등비용, 300년에서 최대 수만 년 동안 들어가는 핵 폐기물 관리 비용과 해체 비용 등은, 원자력 발전단가의 경제성에서 얼마만큼 고려 되어야 할까?

더욱이, 고유가 시대로 접어든 현시점 우리나라에 대한 수급 불균형과 가격 상승이 벌써부터 우려되고 있다면, 과연 우리나라는 석유를 충분히 대체할 어느 시점까지 저렴하게 제대로 공급 될 수 있을까? 그 해답이 원자력 에너지가 고유가 시대 대안이 될 수 없는 이유가 될 것이다.

## 6.

최종 에너지 소비의 주요 구성비를 살펴보면, 산업 부문이 차지하는 비중이 2003년 기준 전체 에너지의 55.4%를 차지하고 있으며, 수송부문이 21.1%, 가정과 상업부문에서 21.3%를 소비하고 있다.

### ▶ 에너지 소비 구성 비율

(%)

	산업부문	수송부문	가정.상업
최종에너지 구성비	55.4	21.1	21.3
석유부분 구성비	49.1	32.7	18.2

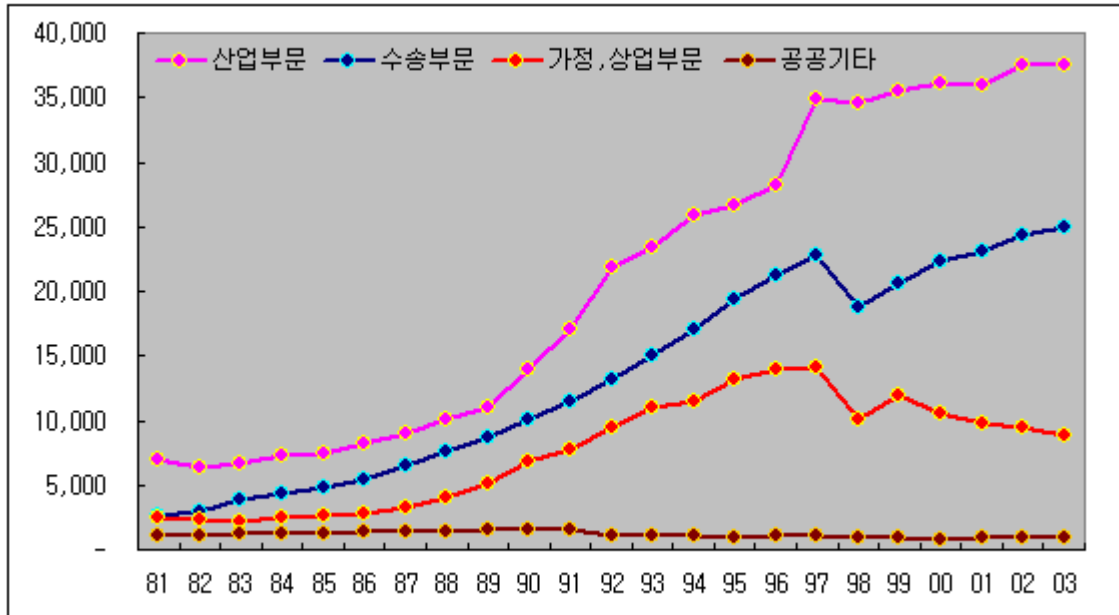
자료 : 산업자원부 정책실 제공, 청솔밸류리서치 작성

이것을 다시 에너지원 별로 살펴보면, 석유가 58.6%, 전력이 15.4%, 석탄이 13.8%, 도시가스 9.4% 로 최종 소비에서 석유의 비율이 60%에 이르고 있는 상황이다. 즉, 오일파동이후 에너지 시스템의 불합리성으로 탈 석유화를 외치던 정책은 별 다른 변화가 없었다는 증거이다.

다행이 90년대 후반 이후 정보통신 분야 등 고부가가치 에너지 저소비 산업의 비중 확대로 산업 부문의 소비는 다소 안정화되어 있다. 그러나 승용차 보유대수 증가에 따라 수송 부문 소비 비중은 꾸준히 증가하고 있는 상황 이며, 석유의 소비 구성은 산업 부문 49.1%, 수송 부문 32.7%, 가정.상업 부문이 18.2%를 차지 하고 있다.

### ▶ 부문별 석유 소비량 추이

(만배럴)



자료 : 산업자원부 정책실 제공, 청솔밸류리서치 작성

2003년 기준 석유의 산업 부문 소비량은 3억 7,500만 배럴, 수송 부문에서 2억 5,000만 배럴, 가정과 상업부문에서 8,800만 배럴을 소비하여 약 총 7억 6,000만 배럴을 소비하였다. 이는 20년전인 1980년대 기준의 4배, 1990년대 기준 2배가 되는 소비량으로 그래프에서 보듯, 꾸준한 상승추세를 나타내고 있다. 특히 1998년 IMF 당시 수송과 가정, 상업부문의 석유 소비량 대비 산업 부문의 소비량 하락 폭은 거의 미미한 수준이다. 이는 외부의 단기적 충격이 일시적으로 수송부문과 가정, 상업부문의 석유 소비는 다소 감소하겠지만, 주로 에너지유로 사용되는 산업 부문의 소비를 줄이기는 불가능하다는 것을 의미한다.

## 6.1 고유가로 기업의 채산성 악화

다음은 국제 유가의 상승이 우리 경제에 파급되는 경로를 살펴보도록 하겠다. 국제유가의 상승은 원유를 원재료나 중간재로 사용하는 모든 제품의 가격을 상승시키며, 상승된 제품을 다시 중간재로 사용하는 관련제품의 가격을 연쇄적으로 상승시키게 됨으로 국내 물가를 상승시키는 요인으로 작용된다.

또한 유가상승은 원유수입 금액 증가와 수출감소를 초래함으로써 무역수지를 악화시키는 요인으로도 작용한다. 이는 국제유가가 상승하더라도 원유를 모두 수입하는 한국의 경제 구조상, 원유 수입 물량을 크게 줄이기는 곤란하므로, 국제유가 상승이 곧바로 원유수입 증가로 연결되기 때문이다.

수출의 경우는 생산비용 상승으로 인해 국내 수출상품의 가격 경쟁력이 저하되면서 감소하게 된다.

따라서 수입증가, 수출감소, 그리고 국내물가의 상승에 따른 소비 및 투자심리 위축이 국내 경제성장을 둔화 시키는 요인으로 작용하게 되는 것이다.

통상 원유 도입단가 1달러 상승이 경제에 미치는 영향은 국내물가를 연간 약 0.1~0.2% 포인트 상승시키고, 경상수지는 10억달러 악화시키며, 경제 성장률은 약 0.12% 포인트 정도 하락하게 된다고 한다.

▶ **유가 변동이 국내 경제에 미치는 영향**

추정기관	유가변동	소비자물가 상승	경제성장률 하락	경상수지 악화
삼성경제연구소	1 달러상승	0.2%P	-0.12%P	7.5억달러
에너지경제연구소	25%상승	1.62%P	-0.44%P	38.8억달러
산업자원부	1달러 상승	0.1~0.17%P	-	10억달러

자료 : 청솔밸류리서치 재구성

한국은행이 2003년 발표한 산업연관표에 의하면, 국제유가 10% 상승시 기업들이 제조원가 상승분을 판매가격으로 모두 전가하여 인상한다고 가정할 경우, 국내 소비자 물가는 0.34% 포인트 상승 압력이 있다고 한다. 또한, 2000~2003년 평균 원유 도입 물량(8.4억 배럴)을 고려 할때, 유가 10% 상승은 13.3억 달러의 무역 수지 악화를 초래하게 되는 것이다. 그렇다면 수치상만으로는 2003년 대비 유가는 이미 100% 이상 상승한 상태이니, 단순 계산하면 유가 상승에 의한 무역 수지 악화 규모는 130억 달러 규모가 되는 것이다.

좀더 쉽게 표현하면, 한국이 한해 동안 수입하는 원유가 9억 배럴 안팎이란 것을 감안할 때 국제 유가가 배럴 당 50달러 수준을 유지할 경우, 2004년 대비 원유수입 **추가 비용만 약 14조 7천억 원**을 지불하게 되는 것이다. ( 2003년 두바이유 평균 가격 33.64달러, 환율 1,000원 적용)

즉, 고유가는 단기적으로 석유 및 관련제품의 원재료 비중이 높은 업종에서부터 기업의 제조원가를 압박하여 기업의 채산성을 악화시키고 장기적으로는 수입증가와 물가상승을 유발하여 소비와 투자가 동시에 위축되는 성장둔화를 초래하게 되는 것이다. 이는 전체 산업의 생산활동 및 부가가치 창출에 부정적인 영향을 미치게 된다. 이러한 기업들의 채산성 악화로 인한 불확실성은 투자자들 입장에서도 결코 간과 될 사항이라고 할 수 없을 것이다.

### 6.1.1 유가 상승이 산업 및 업종에 미치는 영향

#### ▶ 생산원유 투입비중

(%)

	생산비중	원유투입		생산비중	원유투입
제조업	46.5	2.54	화학제품	6.4	10.26
음식료품	4.2	0.99	제1차금속	4.1	3.04
섬유및 가죽제품	3.4	1.43	전기전자기기	10.2	0.38
석유및 석탄제품	3.8	3.18	수송장비	5.4	0.83

주: 1) 생산비중은 전 산업에서 차지하는 개별 산업의 비중

2) 원유투입비중은 총 투입액(생산자가격평가표)에서 차지하는 석유 및 석탄 제품비중

자료 : 한국은행 '2002년 산업연관표' 2003.12에 의거 계산, 고유가도래대응편집

현재 한국의 전체 산업에서 제조업이 차지하는 비중은 약 46.5%이며 전기전자 산업이 10.2%이다. 산업별로는 화학제품의 원유 투입 비율이 10.26%로 가장 높게 나타나고 있으며, 생산에 투입되는 원유 비중이 높거나 원유 투입 비중이 높은 산업분야 일수록 비용 상승 압력이 높을 것이다.

즉, 고유가 시대에 실질적 압박이 이뤄지는 골은 산업 부분이며, 산업부분 중에서도 제조업이 고유가 시대 직접적 피해의 본산지가 되는 것이다. 그렇다면 구체적으로 제조업 에너지 소비 구성현황을 살펴 보도록 하겠다.

### 6.1.1 유가상승이 제조업 업종별 제조원가에 미치는 영향

#### ▶ 제조업 업종별 에너지 소비 구성 현황

(2001년기준)

업종	구성비(%)		
	석유류	전력	석탄류
코크스,석유정제	93.8	1.9	-
화합물,화학제품	81.6	8.3	1.3
펄프,종이제품	47.4	24.9	1.7
음식료품	45.5	30.3	1.7
가죽,가방,신발	43.2	54.3	0.2
목재,나무제품	39.4	31.4	0.3
섬유제품	38.3	41.1	-
조립금속제품	29.6	49.4	0.2
담배제조업	26.5	27.2	-
고무,플라스틱	23.6	60.5	-
재생재료가공처리업	23.0	61.0	0.1
비금속광물	18.1	14.6	58.7
전기기계,전기변환장치	11.7	59.1	-
기계장비류	8.3	74.3	0.3
의복,모피	5.2	92.0	-
영상,음향,통신장비	2.8	71.4	-
<b>제조업 합계</b>	<b>52.9</b>	<b>15.1</b>	<b>21.8</b>

주 : 수송용 제외, 자가발전용 에너지 포함, 전력량 제외

자료 : 에너지경제연구원, 청솔밸류리서치 재구성

유가 상승에 가장 민감한 제조업의 에너지 소비 구성을 살펴보면, 석유에 대한 비중이 평균 52.9%에 이르며 전력이 15%에 석탄 등 기타 전환 에너지로 사용하는 것들이 21.8%이다. 산업 중 제조업이 차지하는 석유 소비가 가장 높은 편이다.

업종별로는 코크스, 석유 정제업이 93.8%, 화합물 및 화학제품의 에너지 소비 비중이 81.6%에 달하고 있다. 특히, 화학제품의 경우 대부분의 업종에 중간재로 사용되고 있어 이는 전 업종에 간접적 상승 요인으로 작용하게 될 것임을 알 수 있다.

개별 산업과 관련 기업측면에서 국제유가 상승을 통한 산업별 제조원가에 미치는 영향은 각 산업이 생산과정에서 원유투입 비중과 원유투입 비중이 높은 제품을 얼마나 사용하느냐에 좌우 된다고 할 수 있다. 예를 들어, 생산과정에서 다른 원자재에 비해 원유나 석유제품을 많이 사용하는 석유화학산업이나 철강산업의 경우에는 유가상승으로 인한 생산비 부담이 다른 산업에 비해 상대적으로 더 크게 나타난다.

#### 6.1.1.1 유가상승이 산업별 제조원가에 미치는 영향

한국은행의 「2000년 산업연관표」를 통해 국제유가 상승이 각 산업의 제조원가에 미치는 효과를 추정한 결과는 다음과 같다.

#### ▶ 유가 10% 상승시 주요 산업별 제조원가에 미치는 효과

(단위 : %)

	1990년	2000년
전체산업	0.31	0.43
전기 및 전자기기	0.12	0.10
정밀기기	0.12	0.14
서비스	0.16	0.19
제1차금속	0.46	0.35
전력·가스·수도	0.28	0.39
전산업	0.31	0.43
화학	0.35	0.51
비금속광물	0.34	0.60
제조업	0.45	0.70
운수및보관	0.55	0.75
석유및석탄	5.84	5.70

자료) 한국은행, 『2000년 산업연관표』, 2003. 12.

원유 가격이 10% 상승하는 경우, 2000년 기준으로 전 산업의 제조원가가 0.43% 상승하는 것으로 나타나, 지난 1990년(0.31%)과 1995년(0.23%)에 비해 다소 높은 수준을 보였다. 즉, 최근의 유가 상승과 관련해 한국의 산업 구조가 고부가치형 산업으로 변화해서 별다른 영향이 없다는 주장은 사실 무근이라고 할 수 있다. 전반적 산업 구조가 좋아진 부분도 있지만, 유가 상승으로 각계격파 당하는 기업들의 채산성 악화를 막을 수는 없을 것이다.

**산업별로는** 국제유가가 10% 상승하는 경우 제조원가는 제조업에 있어서 0.70% 상승한 반면, 서비스업은 비용 상승효과가 0.19%로 상대적으로 낮은 편이었다. 제조업 중에는 석유 및 석탄 산업의 제조원가가 5.70% 상승하여, 비용상승효과가 가장 컸으며, 다음으로 비금속광물제품(0.60%), 화학제품(0.51%) 등으로 나타났다. 반면 전기·전자(0.10%) 및 정밀기기(0.14%) 등은 제조원가 상승 부담이 상당히 낮은 것으로 나타났다.

그러나, 국제유가는 2005년 8월 현재 1990년대비 무려 300%나 상승한 상태이다. 그렇다면 가장 최근의 유가 급등과 관련한 기업들의 수익 상황을 체크해 보도록 하겠다.

### 6.1.2 유가 급등이 기업의 수익성에 미치는 영향

2004년 대한 상공 회의소가 유가 급등이 기업의 매출 및 이익에 미치는 영향에 대해 122개 기업을 대상으로 설문 조사한 결과 매출과 이익면에서 적지 않은 손실을 가져 다 줄 것으로 조사되었다.

특히 2004년에 이미 많은 기업들이 급격한 채산성이 악화를 겪고 있으며, 항시적 고유가 시대를 맞으면서 대부분의 기업들이 심각한 경영 위기에 직면 할 전망이다. 또한, 유가 급등으로 인한 부정적 효과는 대응 수단이 상대적으로 약한 중소기업이 대기업보다 더 클 것으로 보인다.

기업들은 유가 급등이 비용이 인상되는 직접적인 효과 뿐만 아니고, 물가 불안으로 인한 국내 소비 위축과 같은 간접적인 효과를 더 우려 하고 있는 상황이며, 정부나 기업의 대응적 측면에서는 무방비 상태인 것으로 설문 되었다. 또한, 대다수의 기업들이 유가 하락을 막연하게 기다리는 것 외에는 그 어떤 조치도 실질적으로 기업에 도움이 되지 않는다고 응답하였는데, 이는 그만큼 한국 기업들의 에너지 시스템이 취약하다는 증거이다.

수익적 측면에서도 이익이 감소한다는 응답이 전체의 61.6%로 절대 다수를 차지했으며, 중소기업의 경우 이미 69.2%가 이익이 감소했다고 응답 하였다. 매출과 이익이 모두 감소했다는 응답이 44.3%를 차지해 기업 수익률 뿐만 아니고, 채산성 악화도 극해 달해 있음을 알 수 있었다.

기업 규모별로는 대기업의 경우 별다른 영향 이 없다는 비율이 35.7%로 가장 높았으나, 중소기업의 경우 가장 많은 응답 비율인 57.7%가 매출과 이익 모두 감소했다고 응답, **중소기업의 타격이 더욱 큰 것으로 나타났다.**



경영상의 애로 요인으로는 비용 상승에 의한 채산성 악화 67.2%, 매출 감소로 인한 채산성 악화 7.4%, 매출 감소와 비용 상승 모두 21.3%로 응답하였다. 고유가로 인한 직간접적인 효과로 제품 생산, 운송 등 비용이 증가할 경우 제품 생산 가격에 반영하는 시기를 1개월 내로 즉시 반영한다는 응답은 전체의 14.5%에 불과하였다.

또한 유가 급등으로 인한 비용 상승 요인을 제품 가격에 즉각 반영하지 못하는 것으로 나타났는데, 이는 최근의 소비 침체 등을 이유로 고유가에 따른 수익 감소를 현재까지는 기업들이 소비자에게 전가 시키기 보다, 기업이 떠안는 상황으로 풀이된다.

## 6.3

사실 투자가 입장에서는 현재의 단락이 가장 핵심적 사항이 될 수도 있을 것이다. 바로 우리가 투자하고 있는 기업의 가치측정에, 저유가 기조하에서는 간과되어 왔던 에너지 비용을 기업가치에 반영해 줘야 한다는 사실이다. 유가가 올라가면 기업의 채산성이 악화되고 에너지 비용이 올라간다.

이는 곧 기업의 원가율 상승을 가져 오고, 수익률을 악화 시키게 되는 것이다. 에너지비용은 크게 1) 연료비 2) 원자재비 3) 운송비 4) 제품의 가격 전가능력 4가지로 구분하여 나타낼 수 있다.

### 1) 연료비

가장 직접적으로 기업 원가에 반영되는 부분이다. 그러나, 업종별로 다르지만 대량 생산 체제하에서 연료비가 기업원가에 차지하는 비중은 그리 크지 않다.

### 2) 원자재비

간접적인 부분이지만 비용에 가장 큰 영향을 미치는 부분이 바로, 원자재와 중간자재들의 비용 상승이다. 사실 에너지비용이란 바로 이 부분을 말하는 것이라고 해도 과언이 아니다. 에너지가격이 올라가면 거의 모든 원자재가격이 올라가게 된다.

### 3) 운송비

제품 생산자와 소비자 혹은 생산자와 유통업체 연결 등 모든 기업은 이 운송비가 소요된다.

#### 4) 제품의 가격 전가 능력

앞의 세가지가 제조원가를 상승시키는 직접적인 에너지 비용이라면 소비자 전가 능력은 간접적인 에너지 비용이다. 사실 상시적 고유가 시대 도래를 앞둔 투자자들 입장에서 에너지비용을 얼마나 소비자에게 전가 시킬 수 있는가는 그 기업 가치 측정의 가장 핵심적 사항이 될 것이다. 에너지비용을 소비자에게 전가 시키지 못하면 기업은 그 비용을 고스란히 떠안고 이익률을 하락 시킴으로써 에너지 고비용으로 주주에게 손실을 입힐 것이기 때문이다.

소비자 전가능력이 뛰어나면, 연료비나 원자재비, 수송비가 많이 올라가도 결국 모든 부담은 소비자가 질 것이기 때문이다.

소비자 전가능력은 다시 2가지로 나뉘어지는데, **기업 고유의 능력과 사업 구조적인 부분**이다.

**기업능력**은 소비자 독점력이라고 보면 될 것이고, 전가시기가 빠르면 빠를수록 유리할 것이다. 최소한 1~3개월 안에 전가 시켜야 할 것이다. 그러나, 2004년 대한상공회의소가 122개 기업을 대상으로 설문 조사한 결과 50%정도가 전가기간이 6개월이상이 걸렸으며, 1개월 미만은 13% 정도에 불과하다고 답변하였다.

**사업 구조적인 측면**에서는 수주를 먼저 받고 나중에 물건을 납품하는 구조를 갖고 있는 기업의 경우 사업구조상 에너지비용을 떠안게 되는 경우가 많다. 1,000원에 수주를 받아놓고 원자재 가격 상승을 납품 가격에 반영하지 못하면 결국, 이익이 줄어 들거나 차액이 과해지면 손실을 보게 될 것이 자명하기 때문이다. 통상 먼저 수주를 받고 나중에 물건을 주는 사업구조로 조선 업종과 건설업종을 대표적으로 들 수 있다.

### 6.3.1 업종별 에너지 비용

#### 6.3.1.1 에너지 과소비형 산업 및 소비구조

#### ▶ 3대 에너지다소비업종 관련 지표

(단위: %)

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>3대 업종 에너지소비비중</b>	<b>73.2</b>	<b>78.8</b>	<b>76.7</b>	<b>78.4</b>	<b>79</b>	<b>77.8</b>	<b>78.2</b>
석유화학	30.9	42.2	40.6	46.7	49.1	47.4	47.1
비금속	12.6	11.1	11.2	9.8	7.5	7.5	7.5
1차금속	29.8	25.5	25	21.9	22.4	22.8	23.6
<b>3대 업종 부가가치 비중</b>	<b>28.5</b>	<b>32.5</b>	<b>33</b>	<b>33.8</b>	<b>33.2</b>	<b>30.1</b>	<b>27</b>
석유화학	16.2	19.7	20.4	21.5	21.6	19.6	17.6
비금속	4.6	4.3	4.3	4.1	3.4	3	2.8
1차금속	7.7	8.5	8.3	8.3	8.2	7.5	6.6

주: 제조업 전체의 에너지소비 및 부가가치에 대한 점유율임

자료: 한국은행, 에너지경제연구원

우리나라 제조업 중 에너지 다소비 업종이 차지하는 비율은 78%에 이르며 이들이 내는 부가가치가 27% 수준이다. 즉, 제조업 전체가 100만원의 수익을 낸다면 가정할 때, 3대 업종이 30만원의 수익을 내기위해 제조업 전체가 쓰는 에너지 소비의 80% 소비를 하고 있는 상황이다. 특히, 석유화학의 경우 대다수 제조업의 중간재를 생산하는 업종으로 전체 시장에서 17.6%의 부가가치를 창출하기 위해 전체 에너지의 47%를 쓰고 있어, 그들의 현재 수익 창출 상황이 여유 있는 상황이 아님을 알 수 있다.

### 6.3.2 업종별 에너지 비용

유가와 기업의 관계를 가장 쉽게 알 수 있는 것은 에너지 원단위이다. 에너지원단위는 국제에너지 소비를 비교하는 대표 단위로서, 100만원의 부가가치를(95년 GDP기준 \$1,000) 얻기 위해서 몇 TOE의 에너지를 소비했는가 나타내는 지표이다.

에너지원 단위가 1이상인 업종을 에너지 다소비 업종으로 분류하며, 최근 5년간 한국의 제조업 에너지원은 0.5 내외 수준을 유지하고 있다. 아래 도표가 업종별 에너지 원단위이다

▶ 에너지 원단위

TOE/백만원

	1차 금속	석유화학	비금속광물	섬유의복	음식료	조립금속
2002년	1,54	1,31	1,19	0,59	0,12	0,05

자료 : 대한상공회의소 제공

에너지원단위를 좀더 쉽게 설명하기 위해 원화로 계산을 하면 아래와 같다.

▶ 에너지 비용

원

	1차 금속	석유화학	비금속광물	섬유의복	음식료	조립금속
2002년	564,410	480,115	436,135	216,235	43,980	18,325

자료 : 대한상공회의소 제공 청솔밸류리서치 재구성 (1ton=7.33배럴, 환율 1,000원 적용)

(단, 계산상의 오차는 존재 할 것이다. 유가는 배럴 당 50달러를 기준으로 하였으며, 1Toe=7.33배럴로 계산하였다.)

이 말은 1차 금속은 100만원의 부가가치를 얻기 위하여 564,410원의 에너지를 소비한다는 것을 의미한다. 쉽게 말해서 오차는 있겠지만 1차 금속은 100만원의 매출을 얻기 위해 56만원의 에너지 소비를 한다는 것이고, 이것이 1차 금속의 에너지 비용이 되는 것이다.

석유화학은 100만원의 매출을 일으키기 위해 48만원의 에너지 비용을 소비한다. 에너지 원가가 48만원 들어간다는 의미이다. 비금속광물은 43만원, 섬유의복은 21만원, 음식료업은 4만원, 조립금속은 2만원 정도의 에너지 원가가 들어간다는 것이다.

### 6.3.3 에너지 비용과 영업 이익률의 관계

그럼 에너지비용과 영업이익률과의 관계는 어떻게 될까?

1차 금속을 예로 들어보자. 만약 A라는 1차 금속기업이 있다고 가정하자. 그 기업의 에너지비용이 50만원이라고 가정하자. 그리고 A기업의 영업이익률이 10%라고 가정해보자. 즉, 쉽게 말해서 A는 100만원의 매출을 일으키기 위해 현재 50만원의 에너지 비용을(에너지원가를) 사용하고 있으며 현재 이를 통해 10만원의 영업이익을 보고 있다는 것이다. 그런데 만약 유가가 20%가 상승한다고 가정한다면 이제 에너지 비용은 60만원이 드는 것이며 영업이익은 0원이 되는 것이다. 만약 유가가 30%가 상승한다면 이제 에너지원가는 65만이 들며 이 기업은 100만원의 매출을 일으켜 5만원의 영업적자를 보게 되는 것이다.

따라서 이것을 정리하면 에너지비용이 많은 업종일수록 그리고 영업이익률이 낮은 기업일수록 유가 상승시 타격을 많이 받게 되는 것이다.

### 6.3.4 가격의 소비자 전가 능력

그러나 대개의 경우 기업은 유가 상승분 즉, 제조원자의 상승분 만큼을 소비자에게 전가 시켜 이윤을 창출 하고 있다. 따라서 기업의 에너지 비용이 오르더라도 소비자 전가 능력이 뛰어난 기업은 피해를 줄일 수 있다.

통상 경쟁이 치열한 업종일수록 전가능력은 떨어질 것이며, 중소기업 일수록 가격 전가능력은 떨어질 것이다. 또한, 완제품 업체보다는 부품 업체 들과 하청 업체일수록 가격 전가능력이 떨어진다. 이를 좀더 쉽게 설명하면 영업이익률이 낮은 기업일수록 가격전가 능력이 떨어진다고 보면 될 것이다.

### 6.3.5 업종별 원유 투입 및 전가 능력 상황

#### 1) 석유업종

동력, 연료 투입비중은 비교적 낮으나 원재료 비중이 큰 석유업종은 화석업종의 수익률에 직접적으로 큰 영향을 미치게 되며, 후방연관 효과가 작용, 면방. 의복업종의 수익성 악화로 파급이 우려된다. 특히 우리나라 화석원료의 자급도가 50%미만인 점을 감안하면, 원유가 상승은 곧바로 수익성 저하를 초래하게 되며, 수출부문에서는 채산성 악화와 국제경쟁력 상실이 우려되고 있다.

#### 2) 제지업종

에너지 다소비 업종인 제지 업계는 원재료 부문보다 동력, 연료비 증가로 인한 원가상승이 타 업종에 비해 크게 작용하는 분야이다. 생산 제품인 골판지, 백판지 등의 산업용지 가격인상 요인 발생시키고, 판지업종은 포장수요가 발생하는 전자, 섬유, 신발 등의 경기 동향에 따라 영향을 받게 될 것이다.

#### 3) 석유화학 업종

원유가 상승의 파급효과가 가장 큰 업종으로, 유가급등으로 인한 동력, 연료비부분의 영향은 크지 않지만 재료비에 미치는 직접적인 영향이 매우 크다고 할 것이다. 특히 석유화학 업종의 제품이 각 산업의 중간재로 활용되는 분야이다. 하여 국내 경제를 고려한 제품가격인상 자제시에는 석유 화학 업종이 채산성이 극도로 악화될 전망이며, 전방 연관 산업인 자동차, 전자, 고무, 섬유 등의 업종 침체 시 석유화학업종의 수익률이 더욱 크게 저하될 것으로 보인다.

더욱이 플라스틱 가공 업체들이 많은 중소기업은 가격전가가 어려워 수지악화가 더욱 빠르게 진행될 것으로 예상 하고 있다.

#### 4) 전기·전자업종

타 업종대비 제조원가 부담은 적으나 경기에 민감하여, 수요 위축이 예상되며, 이에 따른 중소부품업종의 경기둔화가 예상되며 유가인상의 영향은 그리 크지 않을 것으로 보인다. 또한 자동차 부품업종은 석유 화학제품 비중이 늘어남에 따라 수익성이 악화 될 전망이다.

#### 5) 비금속광물업종

최근 국내 건설경기 침체로 유가상승의 파급은 가격전가로 이어질 가능성은 적으나 생산비 중 연료비 비중이 높아, 비금속광물업종의 경기에도 영향을 미칠 것으로 보인다. 다만 비금속광물업종의 에너지원이 대다수 석탄인 점을 감안 할 때 전반적인 유가 상승이 역으로 에너지 비용에 대한 체감도는 낮을 수도 있다.

#### 6) 주요 업종별 영향 종합

중소기업은 전반적으로 석유,화학 제품계열의 가격 상승분을 전가할 수 없는 업종이 1차 타격이 클 것으로 예상되며, 그 여파로 인하여 전후방 연관 산업의 위축이 이어질 전망이다. 대기업은 유가상승에 따른 원가 상승분을 제품가격에 수시로 반영하고 있는 반면 중소기업은 원가 상승분의 가격전가가 어려워 상대적으로 경영수지가 더 악화될 우려가 있다.

특히 PE, PP, PVC 등 유화원료를 구입하여 제품을 생산하는 중소기업은 원료가격 급등으로 극심한 경영난을 겪게 될 전망이다.

중소기업 내에서도 생,필품 성격의 제품을 생산하는 경우 원가 상승분을 제품가격에 반영하고 있으나 고유가시대 전반적인 소비자 위축에 대한 채산성은 악화될 것이다. 반면 대기업에 납품하는 협력 중소기업들은 납품단가 반영이 어려워 원가 절감이나 경영 합리화를 통해 유가 등 원자재가격 상승분을 흡수해야 하는 이중고를 겪게 될 것으로 보인다. 물론, 이러한 업종 현황이 각 기업의 개별적 상황은 고려되지 않은 것이므로, 절대적 평가 기준이 되지는 않을 것이다.

철강제품의 경우 연료비 비중은 낮으나(원가의 4% 정도), 원자재 비중 아주 높다(원가의 60% 정도) 음식료업의 경우, 연료비, 원자재비 비중은 낮으나 소비심리에 영향을 받게 된다. 즉, 상시적 고유가 기조는 기본적으로 전산업에 전반적인 채산성악화를 가져오기 때문에 선,후의 차이와 정도의 차이를 가지는 상태로 모두 크고 작은 영향을 받게 되는 것이다. 하여 지난 20여년간 20달러 대의

저유가 기조하의 기업 펀드멘탈에서 크게 고려하지 않았던 에너지 비용 이제는 가장 중요하게 체크해야 할 과제로 남게 되는 것이다.

### 6.3.5 기업 경영이 불가능한 유가 수준

#### ▶ 기업 경영이 불가능한 유가 수준

업종	유가수준
조선	37.0
건설	40.0
전기,전자	42.8
섬유	43.2
철강	43.6
정보통신 (반도체 포함)	46.4
석유화학	48.2
운송, 유통	53.8
자동차 및 부품	55.0
기계	58.0
평균	47.5

자료: 대한상공회의소, 청솔밸리재구성

(단, 위 자료는 조사가 아닌 기업들의 자체 답변자료에 기초하여 작성한 것으로 300개 기업 기획실 임원 이상에게 보낸 설문에서 122개 기업의 응답, 회수율 40.7%만으로 가지고 한 조사이므로 표본 수가 적고, 신뢰성의 정도 보다는 유가 상승에 따른 큰 흐름을 파악하는 정도로 활용하였다.)

2004년 5월 122개 기업을 대상으로 대한상공회의소가 설문 조사한 결과 업종별 기업운영이 불가능한 유가(두바이유 기준)를 평균 47.5달러 수준이 될 것이라고 응답하였다.

업종별 특징을 살펴보면 일반적으로 석유화학, 운송 및 유통 업종들이 유가 인상으로 직접적인 타격을 받을 것으로 인식되고 있으나, 조사 결과 오히려 섬유, 전기·전자, 철강, 건설, 조선 업종이 받는 부정적 영향이 더 큰 것으로 나타났다.

채산성이 급격히 악화되는 유가 수준으로는 섬유 업종이 33.5달러로 가장 낮았으며, 그 다음으로 전기전자(33.8달러), 철강(33.9달러), 건설(34.1달러)의 순서로 나타났다. 또한 기업 운영이 불가능한 유가 수준으로는 조선 업종이 가장 낮은 37.0 달러를 응답하였으며, 건설(40.0달러), 전기전자 (42.8달러)의 순서로 나타났다.

한편 정보통신, 기계, 석유화학, 운송 및 유통, 자동차 및 부품 업종은 두 부문에서 모두 하위권을 기록하고 있어 상대적으로 유리한 입장에 있는 것으로 판단된다. 이렇게 업종별로 차이를 보이는 것은 각 업종의 제품 가격 인상의 용이성 및 시장 구조에 따른 것으로 분석된다.

조선·건설은 기업 운영이 불가능한 유가 수준으로 조선이 1위, 건설이 2위로 두 업종의 특성이 수주 시 이미 제품 가격이 결정되기 때문에, 제품이 완성되기까지 비용 인상 요인이 있을 경우 제품 가격에 반영하는 것이 불가능하여 유가 급등으로 인한 타격이 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

석유 화학/운송 및 유통은 업종의 주 원재료가 유류 제품이어서 유가 급등에 의한 경영 압박이 큰 것은 사실이나, 제품 가격에 이러한 비용 인상을 빠르게 반영할 수 있어 상대적으로 유리한 입장에 있는 것으로 보인다.

섬유 및 전기전자는 채산성이 급격히 악화되는 유가 수준을 묻는 항목에서 가장 낮은 유가 수준을 응답하여 두 업종은 유가 급등에 따르는 비용 인상 요인을 제품가격에 반영하는 데에 큰 어려움은 없는 것으로 나타났으나, 제품 시장이 비교적 완전 경쟁 시장에 가깝기 때문에 비용 상승분을 제품 가격에 충분히 반영하지 못하는 것으로 판단된다. 결국, 업종과 산업의 원료 투입과 원가 반영과 그 업종이 처해진 그 기업이 상황에 따라 다른 상황이 된다는 말이다.

자동차 및 부품산업은 채산성이 급격히 악화되는 유가 수준과 기업 운영이 불가능해지는 유가 수준에서 각각 10위 및 9위를 기록하였으며, 유가 급등에 의한 비용 상승분을 제품 가격에 반영하기가 상대적으로 쉽고, 업종의 특성상 자동차 연료 가격 인상으로 소비자들의 구매 심리가 위축될 수 있다는 간접적 영향은 있을 수 있으나 원자재가 상승이라는 직접적 효과에서는 매우 유리한 입장에 있는 것으로 추정된다.

▶ 에너지 비용

원

	1차 금속	석유화학	비금속광물	섬유의복	음식료	조립금속
유가 25\$	282,205	240,058	218,068	108,118	21,990	9,163
유가 50\$	564,410	480,115	436,135	216,235	43,980	18,325
유가 70\$	790,174	672,161	610,589	302,729	61,572	25,655

자료 : 대한상공회의소 제공 청솔밸류리서치 재구성 (1ton=7.33배럴, 환율 1,000원 적용)

좀 더 쉽게 20달러의 저유가 기조하에 산업들이 소비하던 에너지 비용과 50달러 수준일 때 비용, 2005년 8월 60달러를 압박하고 있으니 70달러 수준의 에너지 비용을 비교하면 위와 같다. 즉, 현재 기업들이 가지고 있는 경영 능력 및 기업가치는 20달러대의 에너지 비용을 사용하면서 얻게 된 부가가치라고 할 수 있다. 과연 50달러 대 수준에서의 기업 능력이 유지 될 수 있을지 의구심이 든다.



더욱이 2005년 반기실적을 살펴보면 전체 산업의 매출액은 303조원으로 전년대비 2.1% 늘었지만 영업이익과 순이익은 26조 2천억원과 24조 천억원으로 지난해보다 19.2%와 11.6%씩 줄었다. 금융업 9개사를 제외하고는 모두가 제조업인데, 이들 제조업의 하락률은 더 커서 영업이익은 27.5%, 순이익은 19.9% 감소했다.

이에 따라 매출액 영업이익률도 2004년 대비 2.29% 포인트 하락한 8.66%로 떨어졌고, 제조업은 이보다 더 낮은 8.08%에 불과했다. 이는 백만원의 매출을 일으켜 1만원 정도 수익을 보던 기업들의 수익이 8천 원 정도로 떨어졌다는 의미이다. 그리고 이러한 수익 악화는 점점더 심화 될 전망이다.

위 설문조사에서 조사기업의 78.7%가 유가상승에 대한 비상계획을 갖고 있지 않으며, 정부나 기업의 비상 대책의 효율성에 대해서도 매우 부정적 견해를 가지고 있었다. 즉, 유가상승의 경우 유가하락 외에는 아무런 방법이 없다는 것이다. 더욱이 그들이 말하고 있는 경영 불가능한 국제유가 수준을 이미 넘어 서고 있는 상황이다. 투자자들의 기업가치 측정에 에너지 비용 체크는 이제 매우 중요한 포인트가 된 것이다.

## 7. 신재생에너지의 경제성 검토

신재생에너지가 화석연료에 비해 상대적으로 경쟁력을 가지지 못하는 것은 에너지이용을 위한 설비가 비싸기 때문이다. 에너지 단위 당 비용을 계산하면, 규모에 따라 다르지만 현재 이용되는 화석연료의 이용 비용에 비해 재생에너지의 이용 비용이 1.5~7배에 이르고 있다.

그러나 신재생에너지 기술이 개발된 이래 신재생에너지 이용 비용은 계속 낮아져 왔으며 고유가 시대를 맞이하면서 그 투자와 개발이 급진전 되고 있어 상당히 낮아질 것으로 전망된다.

신재생에너지 기술개발은 근본적으로 자연적인 제약의 극복을 필요로 한다. 태양에너지는 태양이 비치는 시간에만 이용이 가능하며, 풍력도 3등급 이상의 바람이 불면서 풍속 변화가 적어야 에너지 공급이 원활하게 되며, 해양에너지도 조류나 파도가 발생되어야 에너지가 발생한다. 그러나 이러한 기후 조건이나 자연현상이 항상 존재하는 것은 아니기 때문에 에너지 공급이 연속적으로 이어지지 않고 시간에 따라 변화하는 단속성을 가진다. 지열에너지의 경우에는 이러한 단속성은 없으나 에너지자원이 주로 지하 수천 미터 아래에 존재한다. 바이오 매스는 에너지 작물을 재배할 수 있는 유휴토지가 필요하다.

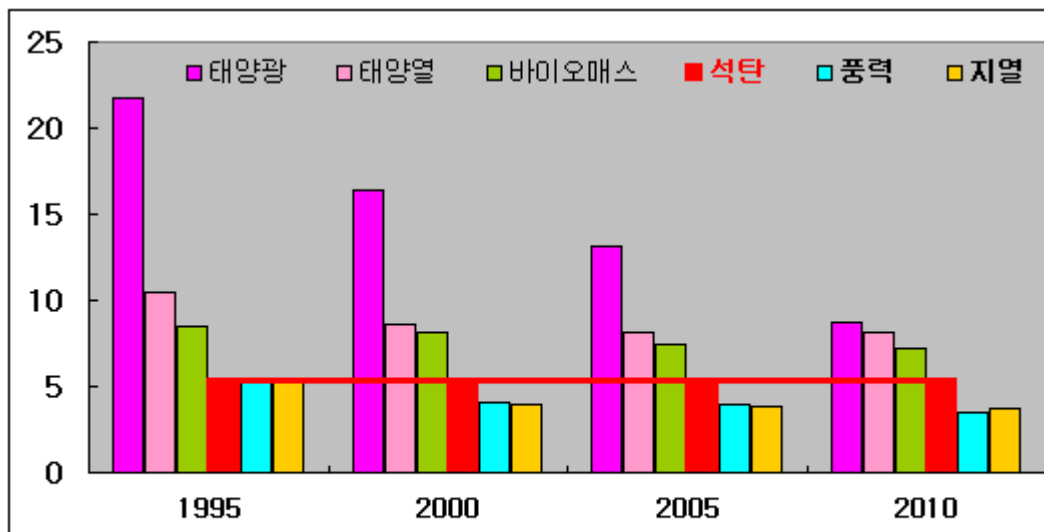
1990년대에 개발된 신재생에너지 기술은 이러한 자연적인 제약을 극복할 가능성을 제시하고 있다. 풍력부분에서는 항공역학 기술을 도입하여 풍속 변화가 있어도 3등급 이상 바람이 분다면 계속 발전

이 가능한 풍력 터빈이 개발되었다. 태양에너지는 태양열이나 발전된 전기를 저장할 수 있는 장치의 개발이 필수적이다. 1996년 미국에 설치된 태양열발전소는 용융염기술을 이용하여 태양열을 저장할 수 있게 되었다. 이 장치는 현재 태양이 비치지 않는 기간에도 3시간 동안 발전할 수 있는 능력을 갖추고 있으며 점차 시간을 연장시킬 수 있을 것으로 전망된다. 전기의 저장을 위한 축전지의 개발도 현재 진행중이다.

### 7.1 재생에너지원들의 경제성 검토

에너지 산업분야는 냉.난방의 경우와 발전의 경우, 동 에너지원 대비 모두 다른 시스템과 장비가 이용되며, 규격별로 설치 비용 및 발전 단가가 다른 분야이다. 더욱이 아직 보급자체가 초기 산업인 관계로 데이터가 불충분하여, 세계에너지 수요의 25%를 차지하는 동시에 가장 첨단 기술수준을 자랑하는 미국의 경우를 통해 비교 결과를 알아 보았다.

#### ▶ 미국의 에너지원별 발전 단가 증감률



자료 : NREL, The True cost of Renewables, 1995

OECD, Projected Costs of Generating Electricity, 1992

※ 천연가스 화력 발전 비용은 3.5~4센트/kWh, 석유발전은 4.9~6.4센트/kWh 수준임.

지난 10년간 이어진 기술 개발로 재생에너지 이용설비의 비용이 태양에너지의 경우 30~60% 감소하였고, 풍력의 경우도 30~50%감소 하였다고 IEA는 보고하고 있다. 재생에너지의 자본비용 또한 지속적인 기술 개발을 통해 감소해 나갈 것이다.

IEA는 2010년 경에는 태양에너지 설비는 25~50%, 풍력 설비는 20~35% 비용이 낮아질 것으로 예상하고 있으며, 세계적으로 가장 활발한 상업화가 이뤄지고 있는 풍력과 지열의 경우는 지속적으로 발전 비용이 하락하고 있는 추세이다. 2000년에는 이미 정체 상태인 화력 발전의 단가를 하회하였다. 위 그래프를 보면 에너지 비용이 적은 석탄의 경우 정체 상태인 반면, 재생 에너지원들은 기술이 발전하면서 점차 에너지원 단가가 낮아지고 있음을 알 수 있다.

이는 고유가시대에 맞춰 재생에너지 투자가 급진전 될수록 정책지원하의 상업화 시장 형성이 자연 경쟁 체제로 변화 될 수 있는 가능성을 시사하는 것이다.

### ▶ 미국의 연료원별 발전비용의 비교 및 전망

(단위:센트/KWh)

	태양광	태양열	바이오매스	석탄	풍력	지열
1995	21.8	10.5	8.5	5.4	5.3	5.2
2000	16.4	8.6	8.1	5.4	4.1	4.0
2005	13.1	8.1	7.5	5.4	3.9	3.8
2010	8.7	8.1	7.2	5.4	3.5	3.7

1995년 미국의 국립재생에너지연구소( National Renewable Energy Laboratory: NREL)는 재생에너지와 석탄의 발전 비용 비교에 관한 보고서를 발표 하였다.

2005년 기준 태양광, 태양열, 바이오 매스는 아직 화석연료와 경쟁력 있는 발전비용을 갖추지 못하였고, 풍력과 지열은 이미 경쟁력을 갖추고 상용화가 진행되고 있는 에너지원으로 전망되고 있다.

국제적 환경 규제가 강화 되면서 기존 화석연료를 이용한 발전소 개발 및 수요가 줄면서 오히려 풍력과 지열은 석탄발전소의 발전비용단가를 상회하고 있는 상황이다. 2005년 현재 4.9~6.4센트의 석유발전 비용은 이미 앞질렀고, 3.5~4 센트인 천연가스 비용도 앞지르고 있으며, 2010년경에는 이들 화석 연료를 풍력과 지열이 모두 앞지를 전망이다.

현재 미국에서 상업적 개발을 추진중인 기업들의 프로젝트를 보면 재생에너지의 기술 개발은 빠른 속도로 진전되고 있음을 알 수 있다. 현재까지 가장 발전단가가 높은 태양광발전의 경우 태양광시스템 제조업체인 Amoco/Enron Solar는 KWh당 5.5 센트의 가격으로 전력을 공급하겠다고 네바다주에 제안한 바 있다.

1995년 현대 IEA 회원국 정부들의 에너지 관련 연구개발 투자액은 약 100억 달러를 넘어서고 있다. 이 중에서 신재생에너지 관련 연구개발 투자액은 약 9억 달러로 전체 투자액의 9% 정도를 차지한다. 전체 에너지 소비에서 차지하는 비중이 0.23%라는 점을 감안한다면 이는 상대적으로 높은 수준이라 할 수 있다.

## 7.2 범지구적 환경규제로 인한 경제성 검토

경제적 문제는 언제나 환경 문제 보다 앞서 왔다. 그러나, 교토의정서 발효를 계기로 이제 환경문제는 비단 환경에 그치지 않고, 경제성을 띠기 시작하였다. 바로 탄소세, 환경세와 같은 화석연료 사용에 따른 경제적 비용과 탄소배출권 판매가 대표적인 예일 것이다.

현시점 어떠한 형태로든 국제적 환경 규제는 불가피한 실정이다. 그런 차원에서 이제 에너지원들의 경제성 검토는 에너지 발전 공급단가에 의해서가 아니고, 유지 비용적 측면을 함께 고려해야 진정한 경제성 비교가 될 것이다.

2005년 현재 1GW 화력발전소 이용시 건설 비용이 1조 1000억이 든다면 동일 용량의 3Kw급 태양광 주택을 보급할 때 33만 3000호에 설치하면 비용은 화력 발전소의 8배인 8조 3000억원이나 소요된다.

그러나 화력 발전소의 경제적 수명을 25년으로 할 때, 총 연료비는 1조 8000억원이 들며, CO2 발생 비용만도 해마다 5조 7000억원이나 들어간다. 하지만 태양광 주택은 연료비가 들지 않으며 CO2 발생에 따른 비용도 없다.

총비용을 25년으로 나누면 태양광은 연간 3조 5000억을 사용하는 셈이며, 화력 발전소는 연간 6조 원 이상을 사용하는 셈이다. 결국 초기 막대한 비용을 투자한다는 단점 때문에 화력 발전을 고집할 경우 25년간에 걸쳐 매년 1.7배의 고비용 에너지를 사용하는 셈인 것이다.

### 7.2.1 재생에너지 연평균 증가율

#### ▶ 전세계 에너지원별 연평균 증가율( 1990년대 )

풍력	태양광	지열	수력	천연가스	석유	석탄	원자력
24.2%	17.3%	4.3%	0.8%	1.9%	0.8%	-0.5%	0.5%

자료 : 월드워치연구소( Worldwatch Institute )

신재생에너지는 1990년 이후 상당히 빠른 증가를 보여주고 있다. 예컨대 1990대 풍력은 연평균 24.4%의 성장률을 기록하고 있으며, 태양열에너지는 17.3%, 지력은 4.3%의 증가율을 보이고 있다. 이러한 증가율은 기존의 에너지원보다도 훨씬 빠른 증가율이다. 더욱이 국제 유가가 사상 최고치를 기록하면서 각국 정부와 기업들은 근본적인 대안 마련을 위해 신재생에너지 개발에 박차를 가하고 있는 추세이다. 경제주간지 배런스는 2005년 6월 1일자 최신호에서 미국에서 풍력과 태양열 에너지 생산이 지난해 6400MW, 218MW로 전년 대비 각각 36%, 21%씩 증가했다고 보도했다. 배런스는 고

유가로 대체에너지 수요가 늘면서 향후 5~10년간 연간 20%씩 꾸준한 성장세를 보일 것으로 전망하고 있다.

유럽의 풍력협회, 에너지 개발 포럼 그린피스가 주최측인 'Wind Force 10'의 2000년 보고서에 의하면, 풍력산업은 매년 30% 성장하여 2020년에는 총 발전용량 120만MW로 전 세계 전력 공급의 10%를 차지할 것이라고 전망하고 있다. 특히, 풍력과 태양광의 경우 2.5MW 대형 풍력발전전기의 상업화, 해양풍력 발전 단지지역의 확대 조성과 꾸준한 투자로 연평균 20~30%의 급격한 성장을 보이고 있으며, OECD 국가들의 대체에너지 비중은 향후에도 지속적으로 증가할 것으로 내다 봤다.

### 7.3 신재생에너지 타당성 분석 사례

#### ▶ 신 재생에너지 개발을 위한 투자회수(ROI) 희망 기간

1년 이내	3년 이내	5년 이내	10년 이내	잘모르겠음
3.8%	34.6%	50.0%	3.8%	7.8%

출처 : 대한상공회의소

2004년 대한상공회의소가 에너지 다소비 기업 200개 기업을 대상으로 조사한 바에 따르면, 신재생에너지를 사용하거나 개발 경험이 있는 기업은 14.1%인 26개사에 불과했으며, 이들의 88.4%가 ROI(투자회수)가 5년 이내의 조건이라면 신재생에너지를 개발하겠다고 응답하고 있어, 현행 지원 제도 하에서는 신재생에너지를 개발할 의사가 크지 않음을 알 수 있었다.

#### ▶ 태양광 및 풍력 발전의 타당성 분석 사례

(단위:만원)

구분	초기투자비	연간운영비	감가상각	이자비용	판매수익(년)	ROI(년)	비고
태양광발전 (30Kw)	39,000	468	1,560	1,950	2,744	투자회수 기대못함	대전기준
풍력발전 (200kw)	35,000	420	1,400	1,750	5,292	11~12년	제주실측(평균 4.3m/s)

주 : 1) 연간운영비에는 유지보수, 운전유지, 세금, 보험 등 포함(투자비의 1.2%)

2) 감가상각은 내구연한 20년, 잔존가치 20% 기준(연 4%)

3) 연간이자율은 5%

4) 전력요금은 풍력 108/kwh, 태양광 716원/kw 기준

또한, 현행 지원제도하에서 태양광발전 및 풍력 발전의 타당성 분석에 따르면, 태양광발전(30kW)의 경우 초기투자비는 3.9억원이 소요되지만 판매수익은 운영비, 이자비용, 감가상각을 감안하면 오

히려 손해를 보는 것으로 분석되었다. 따라서 기업들은 초기 투자비의 60% 이상을 지원해 줄 것을 요구하고 있다.

또한 풍력발전(200 kW)의 경우에도 투자회수기간이 약 12년 소요되는 것으로 분석되었는데, 기업에서 보통 투자회수 기간을 3년으로 잡고 있는 것을 고려할 때 최소 5년 이내로 조정해 주도록 요청하고 있다. 즉, 아직 한국의 기업들은 신재생에너지 산업과 관련하여 정부지원책이 수익성을 상회하지 못하고 있다고 생각하고 있다.

▶ 화석연료와 신재생에너지원의 전력 원가 비교

	석유	유연탄	원자력	태양열	태양광	풍력	폐기물
투자비(\$/kw)	980	1,200	1,900	3,000	7,000	900~1,400	1,700~2,000
발전단가(¢/kw)	6~7	4~5	4	20~25	30	5~10	7~15

자료 : IEA, 한국 전력(1997), 청솔밸류리서치 재구성

다양한 신재생에너지 중에서 자연에너지에 대한 관심이 집중되고 있는 이유는 현재까지 개발된 여러 대체에너지 기술 중에서 기술수준이 실용화에 가장 가깝게 진전되었기 때문이라고 할 수 있다.

신에너지인 수소에너지는 아직 개발단계에 머무르고 있으며, 폐기물을 이용하는 재활용에너지는 현재 가장 활발한 실용화 단계에 있으나 대기오염의 문제가 발생되어 이에 대한 대책이 추가로 필요한 실정이다. 자연에너지의 경우 풍력과 지열에너지는 현재 상업화가 진전되는 과정이며, 태양에너지와 바이오매스 에너지는 실용화 확인 단계에 있다.

재생에너지는 현재까지 주력 에너지인 화석연료에 비해 경쟁력이 떨어지는 것이 사실이었다. 그러나, 재생에너지의 상업화 시기는 무엇보다도 경쟁 에너지인 화석연료의 가격에 따라 크게 영향을 받게 될 것이다. 더욱이 이미 선진국의 기업들은 이 느린 회수기간과 초기 높은 투자비에도 많은 기술적 투자와 연구를 진행해 오고 있었다.

일례로 차기 성장 동력 산업으로 태양전지의 가치에 일찌감치 눈을 뜬 일본 대기업들이 고유가 시대를 맞아 그 진가를 발휘하고 있는 것을 들 수 있다. 물론 우리 나라에도 눈에 띄는 기업들이 있지만 세계적 기업을 예를 들도록 하겠다.

일본은 태양 전지 분야에서 세계 1위인 샤프를 비롯해 교세라 산요 미쓰비시 전기 등 세계 10위권을 지키고 있으며, 다국적 기업인 BP솔라, 셀솔라가 세계 2위와 4위를 기록하고 있다. 10개 회사가 세계 시장의 85%를 장악하고 있다. 태양전지 시장은 2030년 무렵에는 약 300조대 시장으로 커질 전망이다.

일본 업체들의 30여년간 노력이 가져 온 결과이다. 샤프나 미쓰비시 전기는 그동안 적자를 면치 못했으나, 2003년 흑자로 돌아서며 태양전지가 ‘효자산업’이 되고 있다. 이는 결코 산업으로서의 경제성이 없지 않다는 입증인 셈이다.

산요전기는 2000년 경부터 흑자로 돌아섰고, 유럽 등에서 예약 주문이 넘쳐 나 기간 내 물량을 대기도 힘든 형편이라고 한다. 실제로 국내 한 태양광 업체가 태양전지를 주문했는데 몇 달 기다려 달라는 말을 듣기도 하였다.

유럽 각국과 북중미 중국등 이산화탄소 절감과 저소비 전력을 목적으로 태양전지 도입을 확대하고 있기 때문이다. 지금 현재 산요전기와 일본과 독일에서는 각각 태양전지 라인 증설에 바쁜 형편이다. 이들 업체는 70년대 오일 쇼크 이후 태양 전지 사업에 뛰어 들어 막대한 연구 비용과 설비 투자를 무려 30여년 동안 감내해냈다. 일본 업체는 태양전지의 연구 개발과 상업화에 수입억 달러를 투입하는 등 미래에 투자했다. 현재의 상황은 일본 업체의 악전고투의 산물이었다. 일본은 2030년까지 태양광 발전에 대한 로드맵을 가지고 있다고 덧붙이고 있다. 세계 각국이 투자 회수 기간과 경제성으로 투자를 미루고만 있을 때 일본의 어느 기업은 유한 자원의 한계란 단위성을 보고 미래를 향한 엄청난 시장을 다지고 있었던 것이다.

현재, 상용화 된 재생 에너지원 중 가장 경제성이 없다는 태양광 에너지와 화력 발전소 비교를 보면 과연 어느것이 더 경제성이 없는 것인지 의구심이 든다.

그러나 한국은 선진국에서 대체에너지 보급을 위해 오래 전부터 실시된 발전차액보전 제도도 2002년 말에야 도입됐다. 그 분야 역시 풍력과 소수력등 일부만 지원 됐을 뿐 태양광이나 다른 분야는 실적이 전무하다.

또한, 석유 의존을 벗어나기 위한 노력이 석유 산업으로 돈을 벌었던 세계적인 기업들로부터 더 활발하게 이뤄지고 있다는 사실은 아이러니가 아닐 수 없다. 옛말에 고기도 먹어 본 놈이 먹는다는 이야기가 있듯이, 이는 에너지 산업 분야의 엄청난 시장성과 수익성을 모르지 않는 글로벌 에너지 업체들의 미래 에너지 산업에 대한 인식 변화로 보인다. BP는 2020년까지 세계 에너지 공급의 5%를 재생에너지로 총당한다는 야심찬 계획을 세워 놓고 있다.

GM역시 2007년까지 100만대의 대체 에너지차를 양산 할 수 있는 체제를 구축하겠다고 발표하여 세계자동차 업체를 긴장 시키고 있다. 물론 일각에서는 수소연료전지 자동차가 대중에게 까지 상용화되는 시기를 재생에너지 산업분야의 정점쯤이나 가능할 것이란 비관적 견해도 있다. 하지만 이러한 세계 굴지 기업들의 신재생에너지 투자에 대한 의지는 분명 인류 에너지원의 새로운 패러다임 변화를 지속적으로 야기 시키고 있는 반증일 것이다.

영국에서는 대체 에너지 차를 구입하는 소비자에게 대체 에너지차를 구입하는 추가 비용 70%를 정부가 지원해주고 있다. 하지만 한국 정부가 대체에너지 개발에 투입하는 예산은 대체에너지 개발의 선두를 달리는 미국이나 유럽 1개 기업의 개발 투자비에도 미치지 못하고 있다.

2004년말 한국의 많은 기업들은 투자 회수기간의 단축을 위한 재정적 지원과 수많은 정책적 지원을 요구하고 있다. 물론 초기 신재생에너지 시장은 정부의 적극적 지원 정책에 힘입어 민간 투자를 이끌어내야 할 것이다. 그러나, 이미 그 텃밭을 다지고 있는 기업도 있다. 전국을 10년 넘게 발로 뛰며 풍력 지도를 보유하고 있는 기업가도 있다. 한국 정부의 지원책이 아직 선진국 대비 미미하다면, 이미 선진화된 새로운 파이낸싱으로 투자를 이끌어내야 한다고 생각한 사람도 있다.

분명 신재생에너지 산업은 초기 시장 창출 단계이다. 현재 신재생에너지의 경제성이 가장 뛰어나다고는 할 수 없으나, **신재생에너지의 경제성은 상대적인 개념일 뿐이다.** 국제 유가 상승은 이미 기업 경영이 어려운 상태에까지 와 있다. 신재생에너지 분야는 또한 이 열악한 한국의 다소비 에너지 구조 변화를 요구할 것이다.

그리고 그 에너지 다소비 구조 변화를 읽고 미래 산업 분야에 투자한 기업도 한국엔 존재한다. 결국 자본은 수익을 향해 어떤 방향으로든 발전한다. 이미 국제 주변 환경은 신재생에너지 산업에 보다 밝은 미래를 제시하고 있다. 그 초기 산업시장에 누가 먼저 뛰어들어 텃밭을 일구고 정부의 시장 창출에 선두주자로 나설지 보고자도 궁금하다.

## · — IMF,

에너지는 크게 부가가치를 창출하기 위해 쓰이는 산업용 에너지와 단순 소비를 위한 비산업용 에너지로 나뉜다. 진정한 의미에서의 에너지 문제란 바로 산업 부분의 에너지를 의미한다.

한 국가의 에너지 효율성을 측정하는 에너지 탄성치를 보면, 2003년 우리나라의 GDP 대비 에너지 탄성치는 1.07로, 지난 1998년 이후 5년 만에 가장 높은 수준을 보였다. 이는 한국의 GDP 성장 속도보다, 에너지소비 증가 속도가 더 빠르다는 것을 의미하는 것이다.

또한 국제에너지기구(IEA)에 따르면, 2002년 기준으로 우리나라가 GDP 1,000달러를 생산하기 위해 0.3 TOE(각종 에너지를 원유 1톤 기준으로 환산한 단위)를 투입한 것으로 나타났다.

이는 미국(0.25), 일본(0.09), 독일(0.13) 등 주요 선진국에 비해서 약 1.5~3배에 달하는 수준이며, 경쟁국인 싱가포르(0.26)나 대만(0.26) 등에 비해서도 우리나라의 에너지 효율성이 낮음을 보여주고



있다.

즉, 우리나라는 백만원의 부가가치를 얻기 위해 평균 109,950원(1toe=7.33배럴, 배럴 당 50달러, 환율 1000원기준)의 에너지 비용을 쓰는 경제 체계를 가지고 있다는 의미이다. 그 중 제조업의 에너지 비용은 적게는 18,000원에서 56만 원 까지이다. 배럴 당 20달러 당시 43,000원이던 비용이 109,950으로 증가한 것이고, 2005년 8월 배럴 당 70달러를 적용하게 되면 그 비용은 무려 3배가 되는 153,000원으로 에너지 비용이 고유가 시대를 맞이 하면서 점점 더 높아 지고 있는 것이다.

기업들이 다른 나라에 비해 비효율적 에너지 시스템을 갖추고 있다는 것이 저유가 상황에서는 큰 차이점이 없을 수 있으나, 고유가 시대에서는 경쟁력 약화 등 매우 심각한 문제들을 야기 시킬 것임은 자명하다.

이렇듯 배럴 당 20달러 수준을 유지하던 90년대 이론, 경제 발전은 한국의 글로벌 기업들을 탄생 시켰고, 국가 경쟁력을 높이는데 기여 했다. 하지만, 두 번의 오일 파동을 겪으면서 선진국들이 신재생에너지에 막대한 자본을 투입해 기술 개발을 하고 기업들의 에너지 효율성을 높인 것과는 대조적으로 한국의 많은 기업들은 외형 불리기에 급급했었다.

최근 유행하는 블루오션 이란 유행어로 비유하면 한국 기업들의 에너지 환경은 완전한 레드오션 상황에 깊숙히 빠져 있는 형국인 채로 고유가 시대를 맞게 된 것이다.

제 1차 석유파동 당시 유가 급등이 중소 기업들에게 얼마나 심각한 영향을 미쳤는가 알아 볼 수 있는 수치가 있다.

바로 제 1차 석유파동 당시 제조업체 수의 변동이다. 1973년 한국에 제조업을 하는 사업체수는 총 23,293개 였다. 그러나, 1974년 그 수는 무려 661개가 감소한 22,632개로 축소 되었다. 중소 제조업체가 741개 감소된 반면 대기업은 오히려 86개로 증가하였다. 특히 사업체 감소 업종으로는 음·식료품 523개로 가장 많고, 섬유·의복이 178개 가구 목재가 176개, 비금속 광물 147개 순으로 나타났다.

중화학 공업 비중이 확대 됐던 제 2차 오일 파동 당시 기업들의 피해는 더욱 커졌다.

제 2차 석유파동 당시인 1979년 제조업 사업체 수는 31,804개였으나, 1980년 30,823개로 981개가 도산하거나 폐업처리 되었다. 이중 중소제조업이 961개로 절대 다수를 차지했으면, 연료 부문 유가 상승 영향이 큰 제 1차 금속 제품이 273개로 가장 많았고, 원재료 부문에서 유가 상승 영향이 큰 섬유·의복이 239개로 그 다음을 이었다. 특히, 섬유 의복 부분은 채산성 악화와 더불어 소비 심리에도 큰 영향을 미치므로 고유가 시대 매우 조심스런 접근이 필요한 산업 분야로 풀이 된다.

현시점 국제유가는 90년대 대비 무려 3배나 증가한 상태다. 그리고 한국의 에너지 시스템은 전혀 변화한 것이 없다. 유가 상승으로 인한 기업들의 재산성 악화는 이미 진행 중이며, 12월 결산 상장 법인들의 2005년 반기 수익률은 전년대비 20% 정도 감소한 상황이다. 청솔밸류리서치 자체 조사에 의하면서 2005년 3분기 이후에는 이러한 영향이 기업들의 실적을 통해 좀더 가시화 될 것으로 전망하고 있다.

과연 이렇게 늘어나는 에너지 비용을 기업은 어디까지 감당 해 낼 수 있을지, 구에너지 시스템상 에너지 확보가 가능하지 않다면 그 이후의 기업들은 어떠한 대안을 마련 할 것인지? 이제 곧 에너지 IMF란 단어를 듣게 되는 것이 아닌가 의심스럽다.

더욱이, 현재의 국제 유가 급등 상황은 고유가 시대 도래를 알리는 시작 단계에 불과하다. 항시적 고유가 기조는 자연스럽게 가정과 상업 부분의 석유 소비 즉, 비산업용 에너지 분야의 소비 절약은 이끌어 낼 수 있을 것이다.

그러나, 부가가치를 창출하는 산업 부분의 에너지유를 줄이는 방식으로는 경제를 더욱 악화 시킬 뿐이며 실제 각 기업들이 취하게 될 방향성은 좀더 에너지 효율이 높은 시스템으로의 구축이 될 것이다. 이에 따라 고유가 충격을 흡수하고 위험 요인을 효율적으로 관리할 수 있는 시스템 구축이 경제 주체별로 필요하다고 할 수 있다.

그리고, 그러한 위기감은 가격 전가 능력이 떨어지는 수출 산업과 에너지 다소비 업체들로부터 시작 될 것이다. 그런 측면에서 케너텍과 같이 건설, 철강, 발전 회사 등에 에너지 절감 장치를 공급하는 회사에게는 더없이 좋은 환경이 제공 될 것이다.

특히, 한국의 에너지 시스템 구조상 절대적으로 치우쳐져 있는 원자력과 화석연료 발전의 운영 비용 확대는 자연을 매개체로 한 재생에너지원으로 전기를 생산하는 유니슨과 같은 기업들에게 좋은 환경 이 될 전망이다.

석유 수급 불균형으로 인한 고유가 시대 도래란 석유 부족에 따른 석유파동이 만성화 된다는 것을 의미한다. 더욱이 세계적으로 그 어떤 나라도 충분히 자국의 경제 발전을 도모할 만큼의 에너지를 확보한 상태라고 보기 어렵다. 하여 에너지의 수급 부족으로 인한 불편과 혼란은 현 세대가 그 동안 겪었던 그 어떤 사회 경제적, 정치적 혼란과 어려움의 **경험 수준을 뛰어 넘을 것이다.**

결국엔 값비싼 석유를 비효율적인 자동차에 태워 없애는 것은 상상할 수 없는 일이 되고 석유는 석유화학공업의 귀중한 원료로 주로 이용 될 것이다.

현재 우리가 만들어낸 경제 상황은 초강대국 미국 만큼의 에너지 소비를 하면서 일궈낸 경제이다. 정부의 저가 에너지 지원에 힘입어 쏟아져 나온 경제이다. IMF가 한국 경제의 뼈대를 바꿔 놓았다면, 에너지 IMF는 한국 경제의 피를 돌게 하는 대동맥 교체를 요구 할 것이다. 그렇다고 점점 경제성을 잃어가는 원자력이 대안이 될 수도 없다. 원자력의 연료인 우라늄도 한정된 자원이라 고갈될 것이며, 원자력발전은 위험할 뿐 아니라, 방사성폐기물 처리 과정의 지연으로 인한 경제성 악화와 사후 운영비도 계속 증가할 것이기 때문이다.

고유가 시대의 문제점을 구에너지 시스템으로 해결 할 수는 없다는 뜻이다. 세계는 이미 새로운 세기에 맞춘 새로운 에너지를 원하고 있으며 자본은 자신들이 투자한 만큼 수익을 거둬들이는, 신 에너지 산업의 발전을 원하게 될 것이다. 이것이 바로 자본의 흐름이며 현재 세계가 추구하고자 하는 신에너지 산업의 핵심이다.

또한, 고유가 시대를 맞으면서 선진국과 글로벌 기업들의 신재생에너지 분야에 대한 가시적 성과들은 비단 자국 기업들의 에너지 효율을 높이는 것이 목적이 아니다. 그들 각자가 팽팽하게 긴장하고 있는 것은 바로 21세기 IT, BT와 함께 신재생에너지란 엄청난 시장의 수익성을 목표로 막대한 자금을 투입했기 때문이다. 일례로 GE가 목표로 한 세계 신재생에너지 산업 분야의 5% 점유 목표와 같이 이미 많은 글로벌 기업들이 이 새롭고도 혁신적인 분야에서의 시장 점유를 목표로 하고 있다.

그러나, 한국 전체의 신재생에너지 분야의 기술 투자 연구는 한 기업의 투자 성과에도 미치지 못할 만큼 열악한 상황이다.

한국 역시 이제 더 이상 안일하게 구에너지원에 종속하여 해외 에너지에 구걸 해서는 안 된다. 건물 지붕의 10%만 태양전지를 설치하고 새안금에 풍력단지를 조성하고, 시화호, 가로림만, 울돌목 등에서 조력을 이용하는 등, 현재의 기술 수준으로 보급 가능한 재생가능에너지의 일부만 제대로 활용해도, 전력 소비량의 절반 가량을 생산할 수 있다.

유럽연합에선 생태적 전환이 촉진 될 경우 2050년에 에너지의 거의 전부를 재생가능에너지로 공급할 수 있다는 시나리오도 나오고 있다. 재생가능 에너지 전환의 비전이 있다면 고유가, 석유 고갈은 위기가 아니라 새로운 기회가 될 수도 있다. 한국의 IT 기술력을 에너지와 접목시키는 신기술 개발 산업에도 주목 할 필요가 있다.

모든 분야가 그렇지만 에너지 산업 분야도 비경제적이긴 하지만 정부의 지원에 힘입어 오랜 세월 기술을 발전시키고, 사용을 늘려왔다면 지금 보다는 더욱 경제적이게 사용될 수 있었겠지만, 실제 인류는 우선 안전하게 몇 십년 간 공급 될 화석연료 사용에 안주하였다. 즉, 현재와 같은 수급 불균형은 이미 예견 되었던 상황임에도 정부와 기업 모두는 아무런 대책도 만들어 두지 않은 상황이다.

이미 세계의 금융엔 국경이 사라진지 오래 이다. 기업들의 미래 역시 국경이 아닌 거대 공룡 기업끼리의 혈투가 예상 되고 있다. 그리고, 그 핵심에 신에너지 산업 분야의 선점이 가장 큰 역할을 할 전망이다.

자급 자족형 분산형 전력의 시대가 오고, 전기 자동차로 쇼핑하는 시대가 오고, 재활용 골재로 지은 건물에서 태양열을 이용한 에너지로 컴퓨터를 사용하는 시대에 곧 살게 될 것이다.

그 동안 우리나라 경제는 유가안정이 지속됨에 따라 에너지 절약의식이 이완되고, 에너지 과소비형 경제 체질로의 개선에도 소홀해 왔던 게 사실이다. 앞으로 다가올 상시적 고유가 시대에 대응하기 위해서는 에너지 과소비형 산업구조를 신재생에너지 산업구조로 시급히 전환할 필요가 있다.

특히, 경영자원이 부족한 중소기업은 에너지 절감 노력을 더욱 강화하여 내성이 강한 기업체질로의 질적 개선이 절실한 상황이다. 단기적으로 물류, 구매 등에서 비용을 절감하여 원가 경쟁력을 확보하고 장기적으로는 에너지소비 절감형 생산체제 구축을 위한 기술개발 및 시설투자가 뒤따라야 할 것이다. 제3의 석유파동이 발생하지는 않더라도 산유국들의 석유자원 무기화와 한정된 석유자원으로 인해 향후 유가급등에 따른 경제적 파장은 불가피 할 것으로 보인다.

이미 세계의 신에너지 산업에 대한 패러다임 변화는 미래를 향해 강하게 활시위를 당겨놓은 상태이다. 이제 누가 먼저, 어떤 화살을 지구의 막대한 에너지를 향해 쏠 것 인지만 남아 있다. 그들에게 고유가는 경제 침체를 부르는 위험 인자인 동시에, 자신들이 경험해 보지 못한 엄청난 시장 규모의 신 에너지 프로젝트인 셈이다. 이후로는 새로운 에너지 혁명의 재편으로 새로운 세기를 맞게 되는 것이다.

더 이상의 안일한 구 에너지원 체계로 기업들이 에너지 비용을 한정 없이 소비할 수 없게 되었다.

기업들은 에너지 비용 축소를 기업의 사활을 걸고 방어해야 할 지상 최대의 목표로 삼아야 할 것이다. 투자자들 입장에서도 기존 기업가치 측정에 에너지 비용을 파악하고 에너지 과소비형 기업들을 피해야 할 것이다. 아울러 한국의 에너지 체계를 바꿀 에너지 효율 산업에 대한 투자와, 한국의 구 에너지 산업 구조 변화를 이끌 대체 에너지 기업에 관심을 기울여야 할 것이다.