

최종보고서

그린에너지 해외 플랜트 건설시장 진출 전략 수립

2009. 11.

한국정책학회

제 출 문

국토해양부 장관 귀하

본 보고서를 「그린에너지 해외 플랜트 건설시장 진출 전략 수립」에 관한 국토해양부 연구용역의 최종보고서로 제출합니다.

2009. 11.

연구기관: 한국정책학회

연구기간: 2009. 06.04~ 2009. 11.30

연구책임자: 윤지웅(경희대)

공동연구원: 박정수(서강대)

박경도(서강대)

허원무(부경대)

연구보조원: 김주경(경희대)

고대유(경희대)

이태구(경희대)

허진(연세대)

<목 차>

제 1장 서론	1
제1절 그린에너지: Mega Trend로 부상	1
1. 전세계적인 그린에너지 생산량증가	1
2. 온실가스 감축 의무에 대한 국내외적 관심	2
3. 국가 안보차원의 그린에너지 투자	2
4. 고유가의 지속으로 그린에너지의 경제성 회복	3
제2절 연구의 필요성 및 목적	5
제3절 연구 범위 및 방법	6
제2장 그린에너지 수요 및 전망	8
제1절 그린에너지 투자 현황 및 수요 전망	8
1. 전세계 에너지 수요	8
2. 그린에너지 에너지 시장 현황 및 수요전망	11
제 2절 세계 플랜트 현황 및 수요 전망	21
1. 세계플랜트 시장 규모 및 국가별 진출 현황	21
2. 국내 플랜트 시장 현황 및 시사점	31
제 3장 에너지원별 경쟁력 및 기술력 분석	42
제 1절 원자력	42
1. 원자력 발전의 개요	42
2. 세계 원자력시장의 현황과 수요전망	43
3. 원자력 산업 및 경쟁구조 분석	47
4. 원자력 산업의 기술력 분석	57
제 2절 풍력	75
1. 풍력발전의 개요	75
2. 세계 풍력발전 시장의 현황 및 수요전망	84
3. 풍력 산업 및 경쟁구조 분석	87
4. 풍력 산업의 기술력 분석	94

제 3절 태양광	104
1. 태양광 발전의 개요	104
2. 세계 태양광 시장의 현황 및 수요전망	105
3. 태양광 산업 및 경쟁구조 분석	107
4. 태양광 산업의 기술력 분석	116
제 4절 GTL(gas to liquids)	127
1. GTL 발전의 개요	127
2. 세계 GTL 시장의 현황 및 수요전망	130
3. GTL 산업 및 경쟁구조 분석	138
4. GTL의 기술력 분석	140
제 5절 천연가스(LNG)	146
1. LNG(천연가스) 산업의 개요	146
2. 세계 LNG 시장의 현황 및 수요전망	150
3. LNG 산업 및 경쟁구조 분석(Global Mega Trend)	156
4. LNG의 기술력 분석	171
제 4장 해외진출을 위한 Master 플랜	176
제 1절 해외 플랜트 수주 성공사례	176
1. 중동지역	176
2. 중남미 지역	178
3. 동남아시아	182
4. 아프리카 지역	185
5. 해외진출 성공요인 종합	187
제 2 절 플랜트별 해외진출 마스터플랜	189
1. 원자력	189
2. 풍력	196
3. 태양광	203
4. 청정연료(GTL/LNG)	207
제 3절 해외진출 마스터플랜 종합	189
1. 전략 및 시장성 평가 종합	212
2. 지역별 해외진출 방안 종합	217

제 5장 결론 및 정책적 시사점	220
-------------------------	-----

제 1절 핵심 원천기술 개발 및 확보	220
----------------------------	-----

제 2절 재원조달 방식의 다변화	221
-------------------------	-----

제 3절 민관파트너십(PPP)의 활용	223
----------------------------	-----

제 4절 인력 자원의 안정적 양성 및 확보	223
-------------------------------	-----

제 5절 수요 창출을 통한 경제성 확보 정책	225
--------------------------------	-----

<표 목차>

<표 2-1> 세계 1차 에너지 수요 기준 시나리오 전망	8
<표 2-2> 세계 지역별 에너지 소비 및 수요 전망	9
<표 2-3> 그린에너지 보급률과 목표	12
<표 2-4> 연도별 그린에너지 투자 및 분야별 투자비중	13
<표 2-5> 지역별 그린에너지 투자 추이 및 전망	13
<표 2-6> 자금 조달 유형 별 그린에너지 투자 추이	15
<표 2-7> 2007년 기술별 투자금액	16
<표 2-8> 그린에너지별 자금조달 유형	17
<표 2-9> 세계 최종에너지 소비 중 신·재생 에너지 비중(2006)	18
<표 2-10> 분야별 그린 에너지 수요 기준 시나리오 전망	19
<표 2-11> 세계 225대 건설기업의 매출 및 증가율 추이	22
<표 2-13> 지역별 해외 건설시장 규모(2002~2008)	23
<표 2-14> 공종 별 해외 건설시장 규모(2002~2008)	24
<표 2-15> 주요 국가 해외 건설사업 매출액 및 점유율 추이	26
<표 2-16> 2008년 국가별 해외 및 전체시장 매출액	28
<표 2-17> 주요 국가 해외 건설사업 매출 비중 추이	29
<표 2-18> 2008년도 국가별 해외 매출 비중	31
<표 2-19> 지역별 해외수주 추이	33
<표 2-20> 공종별 해외수주 추이	35
<표 2-21> 한국업체의 지역별 시장 점유율과 매출액 추이	36
<표 2-22> 한국업체의 공종별 점유율과 매출액 추이	37
<표 2-23> ENR 225 개 업체중 상위 30개사와 13개 한국업체	38
<표 2-24> 전세계 플랜트 시장 규모 예측	39
<표 2-25> 지역별 플랜트 시장 규모	39
<표 2-26> 공종 별 플랜트 시장 규모	40
<표 3-1> 원자로의 종류	42
<표 3-2> 원자력 산업 구분	43
<표 3-4> 해외 원전업체의 원전사업 구조	49
<표 3-6> 각 분야별 사업자 현황	51
<표 3-8> 우리나라 원전관련 사업체의 사업범위	53
<표 3-9> 지역별 주요업체의 원자로 시장점유율	55
<표 3-10> 연도별 주요 업체의 원전 건설 현황	56
<표 3-8> 각국에 출원(등록)된 출원인 국적별 특허건수	61
<표 3-9> 전 세계 국가별 주요 출원인 Top8	62
<표 3-10> 미국특허에서 국가별 기술수준 순위(노심설계)	64

<표 3-11> 미국특허에서 국가별 기술수준 순위(안전해석)	65
<표 3-12> 각국에 출원(등록)된 출원인 국적별 특허건수	67
<표 3-15> 전 세계 국가별 주요 출원인 Top10	72
<표 3-18> 풍력발전 관련기업의 주요 사업 영역	88
<표 3-19> 선도 기업의 부품 자체생산 비율 비교	91
<표 3-20> 한국의 풍력발전 기술 수준	95
<표 3-21> 실증단지 현황	97
<표 3-22> 국가별 주요 출원인	101
<표 3-23> 미국특허로본 우리나라 기술수준	102
<표 3-24> 전세계 태양광발전 추세	105
<표 3-25> 주요 국가별 태양광 발전 설치 추이(MW)	105
<표 3-26> 국가별 수요 전망	106
<표 3-27> 신재생에너지 전문기업 등록 현황(2008년 2월 기준)	112
<표 3-28> 국내 상장기업의 태양광 사업 공시	113
<표 3-29>태양광 발전 단가 (유로/MWh)	115
<표 3-30> 각국별 태양광 발전차액 지원제도 비교	116
<표 3-31> 국가간 주요 분야별 특허 점유율	125
<표 3-32> 미국특허에서 국가별 기술력 순위	126
<표 3-33> 각 기업의 GTL 프로세스 비교	129
<표 3-34> 잠재 시장규모	136
<표 3-35> GTL 플랜트 건설계획	137
<표 3-36> 전 세계 국가별 주요 출원인 Top 10	144
<표 3-37> 미국특허에서 국가별 기술수준 순위	145
<표 3-38> 주요 국가별 LNG수요	157
<표 3-39> LNG Key Player 변화	162
<표 3-40> 주요기업의 특허경쟁력 지수	172
<표 3-41> 주요국가의 기술력지수	175
<표 4-1> 연도별 중남미 플랜트 수주 금액 및 건수	180
<표 4-2> 2004-2009년 5월 플랜트 수주분야	180
<표 4-3> 우리나라에서 자체건설한 원자력 발전소 현황	189
<표 4-4> 원자력 SWOT 분석	192
<표 4-5> 풍력 SWOT 분석	198
<표 4-6> 태양광 SWOT 분석	205
<표 4-7> 청정연료 SWOT 분석	208
<표 4-8>에너지원별 전략방향 및 시장진출 방향	212
<표 4-9>플랜트 유형별 해외진출 여건	213
<표 4-10>플랜트별 기술력 수준	213

<표 4-11> 2008년 각 지역별 전당 수주액	214
<표 4-12> 2001년 각 지역별 전당 수주액>	215
<표 4-13> 플랜트별 지역진출 가능성 평가	217

<그림 목차>

<그림 1-1> 그린에너지의 Mega Trend	1
<그림 2-1> 분야별 에너지 수요 전망(1)	10
<그림 2-2> 분야별 에너지 수요 전망(2)	11
<그림 2-3> 세계 225대 건설기업의 매출 추이	22
<그림 2-4> 공종별 해외 건설시장 규모(2002~2008)	25
<그림 3-1> 세계 원전운영 현황	44
<그림 3-2> 국가 및 권역별 원전 건설 계획	46
<그림 3-3> 주요 원전 공급사의 시대별 M&A 과정	50
<그림 3-4> 우리나라의 원전산업 구조	53
<그림 3-5> 원자력 기술력 현황	57
<그림 3-6> 전세계 연도별 출원건수 추이	60
<그림 3-7> 연도별 출원/등록건수 추이	66
<그림 3-8> 원전증기발생기 전열관 분야의 전세계 출원(등록) 건수	70
<그림 3-9> 미국특허에서 국가별 기술수준 순위	73
<그림 3-10> 국가별 기술영향력의 구간별 추이 비교	74
<그림 3-11> 신재생 에너지원별 기술발전 단계	75
<그림 3-12> 풍력발전기 발전현황	76
<그림 3-13> 풍력터빈형식 비교	77
<그림 3-14> 육상풍력과 해상풍력의 원가구성 비교	78
<그림 3-15> 세계 해상풍력 누적설치 추이	79
<그림 3-16> EU의 해상풍력 개발 목표	80
<그림 3-17> 풍력터빈 평균 용량의 추이	81
<그림 3-18> 터빈 용량별 설치량 추이	82
<그림 3-19> 풍력발전 가치사슬과 주요 사업 영역	83
<그림 3-20> 시나리오별 세계 풍력발전 설치용량 (누적)	84
<그림 3-21> 지역별 풍력시장 현황	85
<그림 3-22> 풍력발전 설치 상위국 현황	87
<그림 3-23> 풍력발전기 시장의 M&A 동향	89
<그림 3-24> 풍력발전산업의 사업모델	94
<그림 3-25> 특허경쟁력 현황	98
<그림 3-26> 기술별 특허원자 국적 분포(미국특허)	100
<그림 3-27> 기술별 특허원자 국적 분포(유럽특허)	100
<그림 3-28> 태양광 발전 구성도	104
<그림 3-29> 태양광 산업의 가치사슬구조	107
<그림 3-30> 태양광 발전의 Supply Chain	108

<그림 3-31> 실리콘 생산업체의 시장점유율(2006년 생산능력 기준)	108
<그림 3-32> 웨이퍼 업체의 시장점유율(2006년 기준)	109
<그림 3-33> 태양전지 모듈업체의 점유율 순위	110
<그림 3-34> 국내 보급 정책의 기본 취지와 현실과의 차이	112
<그림 3-35> 국내 태양광 기술수준	116
<그림 3-36> 신재생 에너지 태양광의 국가별 점유율 및 특허건수 추이	118
<그림 3-37> 주요국의 역점 기술 분야	119
<그림 3-38> 세부기술별 출원 및 등록 추이	120
<그림 3-39> 세부기술별 특허비율(미국특허)	121
<그림 3-40> 세부기술별 특허비율(일본특허)	122
<그림 3-41> 세부기술별 특허비율(유럽특허)	123
<그림 3-42> GTL플랜트 value chain	128
<그림 3-43> 기존의 개질기술	128
<그림 3-44> 미국 DOE의 GTL Demo. Facility 및 주요기술	130
<그림 3-45> 일본의 GTL 플랜트기술 개발사례	132
<그림 3-46> 선두/후발기업의 기술개발 현황	133
<그림 3-47> 2030년까지 세계 가스수요 전망 및 GTL 수요 전망	134
<그림 3-48> 2030까지 가스부문 투자전망	135
<그림 3-49> GTL의 특허공보별 점유율 및 특허출원 추이	142
<그림 3-50> 천연가스 액화 생산에서 저장까지의 필요 공정과 설비	146
<그림 3-51> 2030년까지 세계 가스수요 전망	147
<그림 3-52> 천연가스 이용 LNG 및 GTL 기술요소 개요도	148
<그림 3-53> LNG 수요 전망	150
<그림 3-54> LNG 터미널 설비 전망	152
<그림 3-55> LNG 공급 전망	153
<그림 3-56> LNG 수급 Balance 전망	154
<그림 3-57> LNG 설비 Capacity 전망(수요)	155
<그림 3-58> LNG 설비 Capacity 전망(공급)	156
<그림 3-59> Upstream Player의 Self-contracting을 통한 사업 확대	161
<그림 3-60> Trend in LNG train size in the future	163
<그림 3-61> LNG train size - Past & Future Trends	163
<그림 3-62> Floating LNG Plants	164
<그림 3-63> LNG 트레인 규모 및 소요비용 변화 분석	165
<그림 3-64> 세계 지역별 GTL 생산전망	166
<그림 3-65> 일본의 LNG 분야 플랜트사업 및 유관사업분야 참여 기업 사례	168
<그림 3-66> 해외 LNG 플랜트시장 주요 계약자	169
<그림 3-67> 국내 기업의 가스플랜트분야 시장진입의 어려움	170

<그림 3-68> 천연가스의 국가별 특허출원 추이	171
<그림 3-69> 특허등록건수	172
<그림 3-70> 특허출원 증가율	172
<그림 3-71> 주요국가의 기술력 순위변화	174
<그림 4-1> 2004-2008년 지역별 플랜트 수주 현황	179
<그림 4-2> 동남아시아 지역별 수주업체 현황	184
<그림 4-3> 해상풍력산업 전략 방향성	203
<그림 4-4> 가스플랜트 연구개발사업 기본방향 연관관계	211

제 1장 서론

제1절 그린에너지: Mega Trend로 부상

1. 전세계적인 그린에너지 생산량증가

□ 그린에너지의 부상 배경으로는 온실가스 감축압력, 고유가 지속으로 인한 경제성회복, 온실가스 관련 첨단기술 관심증대, 전세계적인 그린에너지 생산량 증대 등

○ 그린에너지 분야는 에너지적 요구와 환경적 니즈가 결합되어 발전하고 있음

<그림 1-1> 그린에너지의 Mega Trend



2. 온실가스 감축 의무에 대한 국내외적 관심

□ 교토의정서의 발효와 기후변화이슈에 대한 세계적 관심이 증가하면서 그린에너지에 대한 필요성 대두

○ 캐스팅보드를 쥐고 있던 러시아의 비준으로 2005년 2월 교토의정서 본격 발효

○ 국제사회에서 기후변화가 중요한 이슈로 떠오르면서 그린에너지에 대한 관심 증가

- Stern Review¹⁾는 온실가스 감축 노력 지연 시 전 세계 GDP의 5~20%의 손실이 발생하나, 적절히 대응하면 전 세계 GDP의 1% 소요 전망

□ 포스트 교토 체제에 대한 활발한 논의 진행

○ 제1차 공약기간 이후 한국의 온실가스 배출량 감축의무에 대한 국제사회의 압력이 거세질 것으로 예상

- 한국은 온실가스 배출량이 2005년 세계 10위²⁾, 2000년 기준 온실가스 누적배출량이 전 세계의 0.7%로 23번째로 누적배출량이 많은 국가³⁾

- 배출량 증가율이 2005년 98.2%로 중국(64.9%), 인도(76.5%)보다 높으며 향후 온실가스 의무감축에 대한 국제사회의 거센 압력이 예상됨

3. 국가 안보차원의 그린에너지 투자

□ 국가 차원에서 온실가스와 관련 첨단기술 투자가 증가하는 추세

○ 미국에선 정부와 민간 모두에서 그린에너지 분야 투자 활발함

1) 영국 경제학자 니콜라스 스턴 경이 2006년 10월 지구온난화 위험성과 경제적 피해 비용을 연구하여 발표한 보고서

2) Key World Energy Statistics, 2005 (IEA)

3) Baumert, K. and Pershing, J. 2004. Climate Data: Insights and Observations. Arlington: Pew Center on Global Climate Change. p12

- 그린에너지에 2004년 300억\$에서 2006년 610억\$로 대폭 증액하여 투자 하였으며 벤처캐피털 자금의 10% 정도가 이 분야에 투입되고 있음⁴⁾
- 일본은 1974년 태양광발전기술 개발을 위한 국가 주도의 Sunshine Project 추진
 - 1980년에는 NEDO를 설립해 본격적인 태양광 발전 기술 개발 착수
 - 1993년에는 Sunshine, Moonlight Project 와 지구환경 기술개발 계획을 통합한 New Sunshine Program 수립
- 중국은 2007년 재생에너지 설비 확장에 100억 달러를 투자 할 계획(2006년 전 세계 투자액은 500억 달러였으며, 이 금액은 독일 다음으로 많은 것임)
 - 중국의 재생 에너지 비율은 현재 8%에서 2020년에는 15%, 2050년에는 30%로 지속적으로 상승 할 것으로 예상⁵⁾

☐ 새로운 에너지원 확보를 위한 국가간 경쟁이 심화 됨

- 오일피크 현상 등 화석에너지원의 한계와 청정에너지에 대한 시대적 요구에 따라 경쟁이 심화 됨

☐ 그린에너지를 통해 새로운 산유국 부상

- 화석연료는 자원의 매장이 특정 지역에 편중 되어 있으나, 그린에너지는 이에 대해 비교적 자유로움

4. 고유가의 지속으로 그린에너지의 경제성 회복

☐ 고유가 시대의 도래

- 2005년 이후 지속적인 상승세, 최근에는 배럴당 100 달러 육박하면서 신고유가 시대 진입

4) 한국경제 신문 “이제는 그린 에너지다,” 한국경제 신문, 2006년 12월 31일자 뉴스

5) 자료: 中, 2020년 세계 최대 재생에너지 소비국

- 원유생산능력의 증가는 제한적인 반면, 소비국들은 석유확보 경쟁이 심화되면서 구조적으로 고유가 현상이 나타남
- 자원의 해외의존도를 감안 할 때 향후 고유가가 지속된다면 심각한 에너지 안보 위협에 처할 가능성 존재

□ 화석연료 수급 상황이 갈수록 어려워 질 것으로 전망

○ 개도국의 성장에 따른 에너지 수요는 계속해서 증가

- 적절한 에너지서비스를 받지 못하고 있는 개도국의 24억 인구가 선진국의 절반수준으로 에너지를 소비하려면 현재의 약 2배의 에너지가 필요⁶⁾
- IEA에 따르면 2030년 까지 에너지 수요가 59% 증가 예상

○ 오일피크설 등 향후 화석연료 수급 전망의 악재

- 석유의 가채 년 수는 40년, 천연가스는 60년, 석탄은 200년으로 추산되며 (BP 2004), 특히 석유는 앞으로 10-15년이면 oil peak에 도달, 이후에 생산량이 급격히 감소할 것으로 예측됨

□ 유가 상승에 따른 그린에너지의 가격 경쟁력 제고

○ 풍력, 지열 등은 일부 국가에서 이미 경쟁력을 확보한 상태

- 풍력 발전의 경우 발전단가는 현재 화력(석탄)과 비슷한 수준 (LG 경제연구원 '대체 에너지 산업 활성화 시급하다')
- 2020년에 0.02~0.045\$로 원자력 및 화력 발전의 생산단가와 비슷하거나 더욱 가격 경쟁력 가짐⁷⁾

○ 태양광도 경제성확보시기가 앞당겨질 전망

6) (부경진, “신재생에너지의 현황과 트렌드,” p. 2)

7) 참고: 신재생에너지 RD&D 전략 2030(풍력)

- 태양광 발전의 경우는 현재 기존발전방식 대비 3~10배의 고가이나 2015년 이후 가격 경쟁력을 확보하게 될 것으로 전망⁸⁾
 - 미 캘리포니아의 태양광의 정오~오후6시의 발전단가가 \$0.25(/kwh)로 일반 발전 방식(\$0.33)보다도 \$0.08 정도 경제적⁹⁾
 - 일본은 10년, 독일의 경우는 15~20년 후엔 태양광 발전이 정부의 보조 없이도 기존 발전 방식과 경쟁 가능¹⁰⁾
- 핵에너지의 경우 안전성의 문제가 있으며, 경제성에 있어서도 폐기물 처리까지의 전 과정(LCA) 비용을 고려하면 좋은 대안이라 할 수 없음
 - 이와 같은 그린에너지의 발전단가는 온실가스 및 기타 오염물질 감축효과를 고려하면 더욱 경제성을 가짐

제2절 연구의 필요성 및 목적

- 그린에너지 산업은 온실가스를 배출하지 않거나 최소화하는 혁신적 에너지기술 기반산업임
 - 특히 원자력과 그린에너지 등 온실가스 무배출, IGCC¹¹⁾ 및 CCS¹²⁾ 등 화석연료의 청정화, LED조명 등 에너지효율 향상을 통해 획기적으로 온실가스 감축 가능
- 그린에너지 산업은 신기술 개발과 신시장 창출을 통해 소득과 일자리(Green Job)를 보장하는 새로운 거대 성장동력산업
 - IEA는 2050년까지 299조불(연평균 7조불)이 에너지 관련 R&D, 보급, 설비 등에 투자될 것으로 예측
 - 美 캠브리지 에너지연구소(CERA)는 지열, CCS 태양광 등 8개 그린에너지 분야

8) 참고: 신재생에너지 RD&D 전략 2030(태양광))

9) 한국경제신문

10) (한국경제신문 - 이제 신재생 에너지다. 20070101)

11) IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle) : 석탄가스화 복합발전, 석탄 등의 저급연료를 가스화, 가스 및 증기터빈을 구동하는 친환경 발전기술

12) CCS(Carbon Capture and Storage) : CO2 포집 및 저장 기술

의 2030년 투자규모를 7조불로 예측

- ☐ 즉, 그린에너지 관련 투자규모와 수요를 충족하기 위하여 관련 플랜트산업이 필수적이라는 것을 인식할 때, 향후 플랜트산업의 그린에너지 관련 경쟁력 확보 및 강화를 통한 그린에너지 시장에서의 진출 및 확보는 국가경제 차원에서도 그 기여도가 상당할 것으로 예상됨
- ☐ 이러한 인식하여 본 연구에서는 그린에너지 시장에 진출하기 위한 전략을 수립함과 동시에 기업이 시장 진출시 필요한 정부의 정책적 지원 방안을 도출하고자 함

제3절 연구 범위 및 방법

- ☐ 본 연구는 그린에너지 시장의 플랜트산업에 성공적으로 진출하기 위한 경쟁력 확보 및 정책방안을 그 연구범위로 함
 - 그린에너지의 세부분야와 이와 관련된 플랜트 기술을 연구대상으로 함
 - 플랜트 건설산업의 경쟁력 및 산업구조 측면을 연구대상으로 함
 - 또한 그린에너지 분야와 관련된 플랜트산업에 대한 정책적 지원방안에 대한 탐색을 함
- ☐ 그린에너지 세계시장 수요 및 전망을 함
 - 에너지원별로 건설 수요 및 전망을 조사함
 - 그린에너지 수요를 지역별로 조사하여 향후 우리나라 기업이 진출하는데 필요한 수요 및 환경 분석함
 - 주요 국가별 그린에너지 투자 계획 분석
- ☐ 그린 에너지시장 진출을 위한 경쟁력 분석

- 에너지원별로 시장구조 및 경쟁구조를 조사 및 분석

- 그린에너지 관련 국내외 기업이 보유한 기술을 분석 대상으로 함
 - 특히 국내외 기업이 출원 및 등록한 특허기술을 대상으로 분석함

- 그린 에너지시장 진출을 위한 마스터플랜 수립

- 유망 시장 진출을 위한 전략적 마스터플랜을 제시

- 성공적인 그린에너지 시장 진출을 위한, 정부, 업계, 해외업체간 협력 방안 및 모델 검토

- 민간기업이 해외 그린 에너지시장에 진출할 수 있게 다양한 측면에서 정책방안 도출

제2장 그린에너지 수요 및 전망

제1절 그린에너지 투자 현황 및 수요 전망

1. 전세계 에너지 수요

- 세계에너지기구(IEA)는 1차 에너지 수요는 2030년까지 연평균 1.6% 증가하여 2006년(117억toe)대비 약 45% 증가한 170억toe에 이를 것으로 전망됨
- 2030년까지의 수요증가분의 51%를 중국과 인도가 차지할 전망이며, 전체 수요증가분의 87%를 非OECD국가들이 차지할 것으로 예상됨

<표 2-1> 세계 1차 에너지 수요 기준 시나리오 전망

(단위: 백만 toe)

구분	2000	2006	2015	2030/비중(%)		연평균 (‘06~’30)
석탄	2,295	3,053	4,023	4,908	28.2%	2.0%
석유	3,107	4,029	5,109	5,109	30.0%	1.0%
천연가스	1,235	2,407	2,903	3,670	21.6%	1.8%
원자력	186	728	817	901	5.3%	0.9%
수력	148	261	321	414	2.4%	1.9%
바이오매스, 폐기물	748	1,186	1,375	1,375	9.8%	1.4%
기타 신재생	12	55	158	158	2.1%	7.2%
합계	7,223	10,034	14,121	14,121	100.0%	1.6%

자료: World Energy Outlook Book 2008

- 석탄수요는 연평균 2.0% 증가하고 비중이 2006년 26%에서 2030년에는 29%까지 확대될 전망이다
- 원자력 수요는 다소 늘어날 것으로 보이나, 상대적인 비중은 현재 6%에서 5%로 감소할 것으로 예상됨
- 재생에너지의 수요는 급격히 증가할 것으로 예상되며, 석탄 다음의 두 번째

전력원이 될 것으로 보임

- 개발도상국(Emerging Economies)은 향후 25년간 연평균 에너지 수요 증가율이 2.6%에 달해 2030년에는 2004년 대비 두 배 가까이 에너지를 소비하고, 세계 에너지수요 증가를 주도할 것으로 예상됨

<표 2-2> 세계 지역별 에너지 소비 및 수요 전망

(단위: 천조Btu)

구분	소비실적			수요전망					연평균 증가율(%) '04~'30
	1990	2003	2004	2010	2015	2020	2025	2030	
OECD	197.4	234.7	239.8	254.4	265.2	275.1	285.9	298.0	0.8
북미	100.8	118.3	120.9	130.3	137.4	145.1	153.0	161.6	1.1
유럽	69.9	79.5	81.1	84.1	85.8	86.1	87.5	89.2	0.4
아시아	26.6	36.9	37.8	39.9	42.1	43.9	45.4	47.2	0.9
Non-OECD	150.0	191	206.9	256.6	294.2	331.9	367.8	403.5	2.6
러시아 등	67.2	47.9	49.7	54.7	59.4	64.6	68.7	71.5	1.4
아시아	47.5	88.2	99.9	131.0	154.7	178.8	202.5	227.6	3.2
중동	11.3	19.9	21.1	26.3	29.5	32.6	35.5	38.2	2.3
아프리카	9.5	13.3	13.7	16.9	19.2	21.2	23.1	24.9	2.3
중남미	14.5	21.7	22.5	27.7	31.5	34.7	38.0	41.4	2.4
총계	347.3	425.7	446.7	511.1	559.4	607.0	653.7	701.6	1.8

자료: World Energy Outlook Book 2008

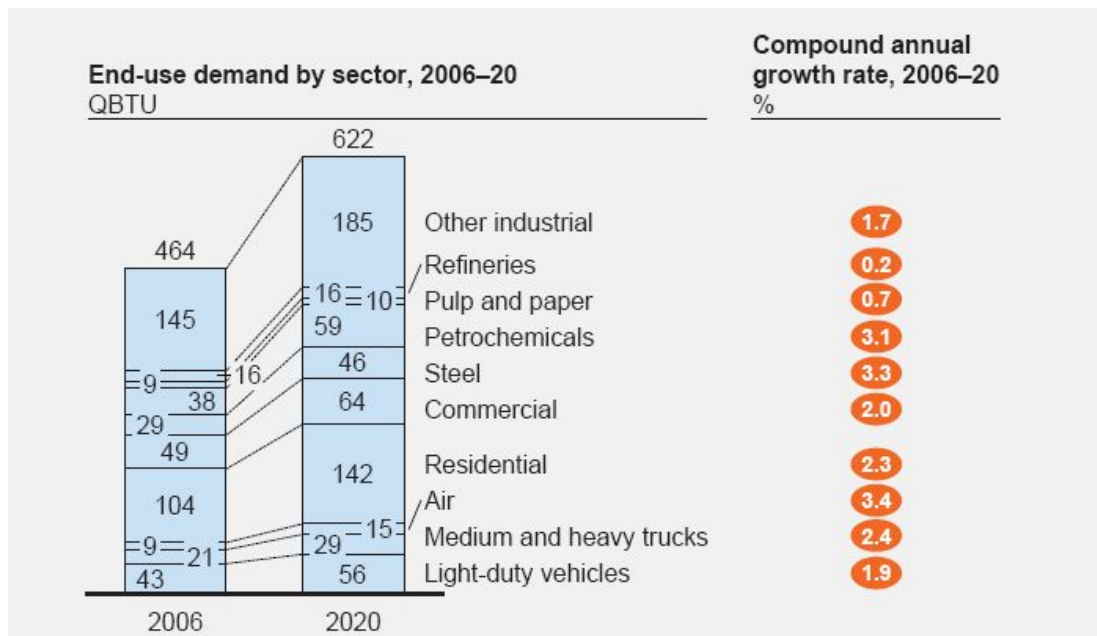
- Mckinsey Global Institute의 2009년 세계 에너지 수요 모델에 의하면, 2006~2020년까지 전세계 에너지 수요는 연평균 2.1%로 증가할 것으로 전망하고 있음
- 지역별로 보면, 중동인 연평균 4.0%로 가장 높으며, 중국과 인도가 3.6%로 그 뒤를 따를 것으로 예측되고 있음
 - 반면 선진국인 미국, 일본, 유럽은 연평균 0.2~1.1%정도로 증가할 것으로 예측하고 있음
 - 중동에 비해 석유와 천연가스의 매장량이 적은 중국과 인도는 향후 그린에너지

지에 대한 수요가 높을 곳으로 추정할 수 있음

□ Mckinsey Global Institute의 2009년 세계 에너지 수요 모델에 의하면, 2006~2020년까지 분야별 에너지 수요를 보면 주거용, 상업용, 석유화학, 경차 분야의 순으로 에너지 수요가 있을 것으로 전망하고 있음

- 연평균 증가율을 보면, 항공(3.4%), 철강(3.3%), 석유화학(3.1%)의 순으로 높을 것으로 예측되고 있음

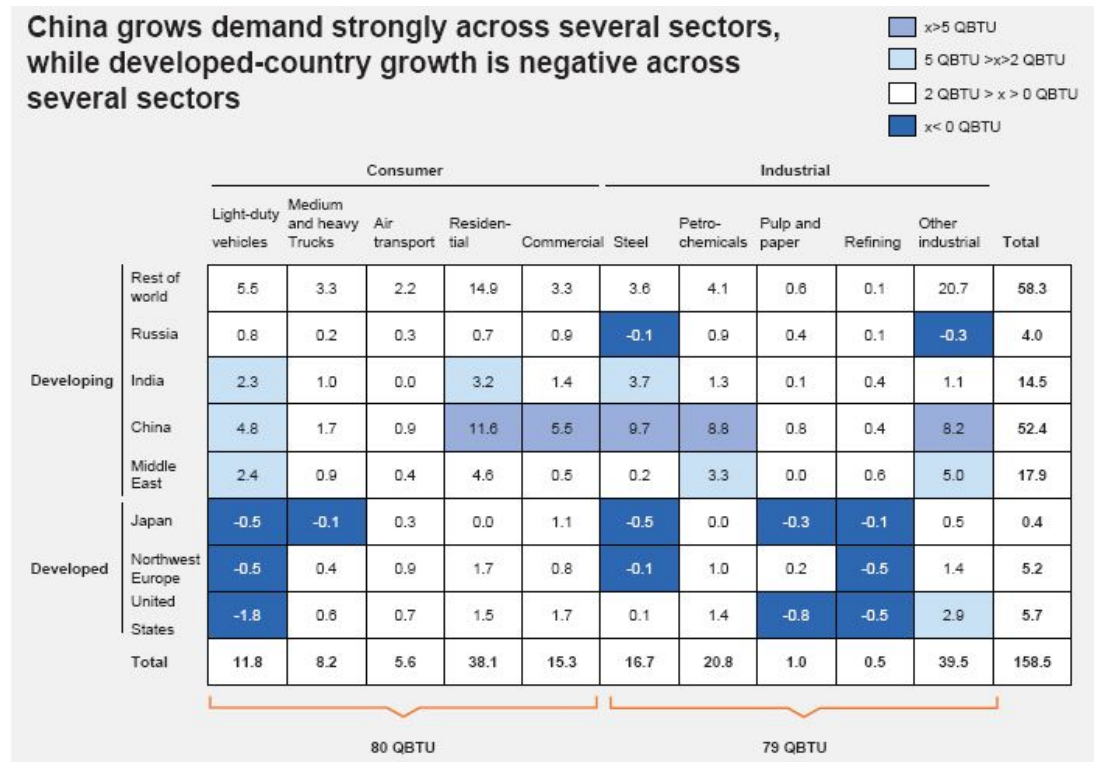
<그림 2-1> 분야별 에너지 수요 전망(1)



자료: Mckinsey Global Institute Global Energy Demand Model 2009

□ 지역별 각 분야의 에너지 수요를 보면 중국이 전 분야에 걸쳐 고르게 에너지에 대한 수요가 높을 것으로 전망됨

<그림 2-2> 분야별 에너지 수요 전망(2)



자료: Mckinsey Global Institute Global Energy Demand Model 2009

2. 그린에너지 에너지 시장 현황 및 수요전망

1) 투자 현황 및 자원 조달 방식

(1) 투자 현황

□ 에너지 사업에 대한 패러다임 변화하면서 그린에너지의 경제성 평가 되고 있음

○ 에너지 사업: 규모의 경제 + 효율 중시(발전 단가) → 범위의 경제 + 환경 (External Cost) 중시

○ 고밀도 제한된 에너지원 이용해서 저밀도의 무한한 에너지원 이용

□ 그린에너지의 경제성이 확보됨에 따라 정부보조금에만 의존하던 사업에서 벗어나 다양한 형태로 자금을 조달

- 정부의 보조금 외에도 다양한 자금원의 증가로(IB, Public Market, VC 등의 자금 유입) 정부 보조금에만 의존하던 여건이 개선
- 전세계적으로 국가적인 차원에서 온실가스 감축 및 신재생에너지 투자가 증가하고 있음
- 최근 유가상승으로 인해 신재생에너지의 가격경쟁력이 제고되고 있기 때문에, 전세계적으로 신재생에너지 관련 투자가 활발해지고 있음
- IEA는 2050년까지 299조 달러(연평균 7조 달러)가 에너지 관련 R&D, 보급, 설비 등에 투자될 것으로 예측하고 있음
- 미국 캠브리지 에너지연구소(CERA)는 2030년에는 지열, CCS, 태양광 등 8개 그린 에너지 분야에 약 7조달러 이상 투자될 것으로 예측하고 있음
- 그린에너지에 대한 투자규모는 전체 에너지 분야 투자의 약 20~25% 수준에 달해 주 에너지원으로 성장할 것으로 예상됨

<표 2-3> 그린에너지 보급률과 목표

국 가	미국	일본	독일	덴마크	영국
보급률('07)	4.8%	3.0	6.9%	15.8%	2.1%
보급목표	10.9%('30)	11.1%('30)	18%('20)	30%('20)	15%('20)

자료: Energy Balance of OECD Countries('08)

〈표 2-4〉 연도별 그린에너지 투자 및 분야별 투자비중

자료: Global Trend in Sustainable Energy 2007, UNEP

- 지역별로 보면, 브라질, 중국, EU 국가들이 그린에너지에 대한 투자 증가율이 상대적으로 높게 나타나고 있음

<표 2-5> 지역별 그린에너지 투자 추이 및 전망

(단위 백만달러)

	2004	2005	2006	2007	CAGR	2015
Other Non-OECD	654	1,404	2,261	3,386	73.0%	271,679
Africa	292	273	270	1,333	65.9%	76,859
Brazil	93	544	4,023	5,734	295.1%	339,008,668
India	622	943	898	3,092	70.7%	226,052
China	237	1,931	5,433	12,459	274.6%	487,229,222
Other OECD	2,561	3,611	5,571	9,842	56.6%	363,312
EU Europe	7,199	16,669	25,954	55,750	97.8%	13,169,412
United States	3,179	9,249	23,744	26,498	102.8%	916,767
Total	15,000	35,000	68,000	118,000	98.8%	842,063.987

자료: UNEP(United Nations Environment Programme), Global Trends in Sustainable Energy Investment
2008, 2015년까지의 전망은 CAGR을 준용하였음.

- 개도국 중에서는 인도, 중국, 브라질이 주도적으로 투자를 이끌고 있음. 중국은 수력에 대한 투자가 전체의 66%를 차지하고 있으며, 브라질은 수력과 바이

오 에너지에 대한 투자를 늘리고 있음

□ 이에 따라 미국, EU, 일본 등의 선진국들은 원자력, 신재생에너지를 포함한 그린 에너지 투자계획을 수립하고 있음

○ 미국에서는 정부와 민간 모두에서 그린에너지 관련 투자가 활발히 나타나고 있음

○ 그린에너지에 2004년 300억 달러에서 2006년 610억 달러로 대폭 증액해서 투자하고 있으며, 벤처캐피털 자금의 10% 정도가 이 분야에 투입되고 있음

○ 신재생에너지에 2004년 300억 달러에서 2006년 610억 달러로 대폭 증액해서 투자하고 있으며, 벤처캐피털 자금의 10% 정도가 이 분야에 투입되고 있음

○ 일본은 1974년 태양발전기술 개발을 위한 주도의 Sunshine Project를 추진하고 있음

○ 1993년에는 Sunshine Moonlight Project와 지구환경 기술개발 계획을 통합한 New Sunshine Program 수립

○ 중국은 2007년 재생에너지 설비 투자 분야의 1/5에 해당하는 100억 달러를 투자했음

○ 중국의 재생에너지 비율은 현재 8%에서 2020년에는 15%, 2050년에는 30%로 지속적으로 상승할 것으로 예상됨

(2) 자금 조달 방식

□ 벤처캐피탈, 사모펀드, 주식시장, 자산담보 금융 등 자금 조달 방법이 다양화되고 있음

○ 자산금융담보(Asset Finance)와 정부나 기업의 연구개발 비요이 약 60~70%를 차지하고 있음

- 자산담보 금융은 2005년 275억 달러에서 2006년에는 480억 달러로 74.5%로 증가하였고, 연구개발비용은 2005년 123억 달러에서 2006년에는 143억 달러로 16.3% 증가하였음

<표 2-6> 자금 조달 유형 별 그린에너지 투자 추이

(단위: 십억 달러)

	2004	2005	2006	2007	CAGR
VC/PE	1.7	3.0	7.3	9.8	79.3%
Public Market	0.7	4.1	10.5	23.4	222.1%
Gov/Corp RD&D	10.3	12.3	14.3	9.8	17.3%
Asset Finance	12.4	27.5	48.0	84.5	89.6%
Small Scale Projects	8.2	11.6	12.5	19.0	32.3%

자료: UNEP(United Nations Environment Programme), Global Trends in Sustainable Energy Investment 2008, Gov/Corp RD&D는 2006까지 CAGR을 계산하였음(2007년 일시적으로 감소세를 보였는데, 이는 예외적인 상황이라고 판단됨).

- 벤처캐피탈(VC: Venture Capital), 사모펀드(PE: Private Equity), 주식시장(Public Market) 등에 의한 투자가 급격히 증가하였음

- VC/PE를 통한 투자는 2005년 30억 달러에서 2006년 73억 달러로 143.3%로 증가하였음

- 기업공개(IPO: Initial Public Offering) 등 주식시장을 통한 기금투자는 2005년 43억 달러에서 103억 달러로 140% 증가하였음

- 전체 그린에너지 투자에 대하여 VC/PE와 주식시장을 통한 투자가 차지하는 비중도 2005년 14.1%에서 2006년 24.5%로 증가하였음

- 최근 대형은행, 공공은행, 국제기금, 선진기업, 벤처캐피탈의 그린에너지에 대한 투자가 급증하고 있음

- HypoVereins Bank, Fortis, Dexia, Citigroup, ANA Bank, Royal Bank of

Canada, Morgan Stanley, Goldman Sachs 등 대형 투자은행, GE Commercial and Consumer Finance 등 금융업체, German Development Finance Group(KfW), World Bank Group 등 국제기금 (KfW는 2004년 \$1억8천만을 신재생에너지에 투자), 각국의 수출입 보험공사 (ECA: Export Credit Agency) 등

- GE는 그린에너지 분야 R&D 투자를 '04년 7억 달러에서 '10년 15억 달러로 확대하기로 하는 등 글로벌 기업의 그린에너지 투자가 급증하고 있음
- BP는 '02년 'Beyond Petroleum'이라는 슬로건 아래, 향후 10년간 그린에너지 분야에 80억 달러를 투자하는 계획을 발표함
- 2007년 기준으로 재생에너지 분야 중 풍력분야에 대한 투자가 가장 컸으며, 풍력은 자산담보 금융에 의한 자금 조달이 가장 컸음
- 기술별 투자금액은 풍력 511.7억 달러, 태양광 280.6억 달러, 바이오연료 194.6억 달러, 바이오매스 104.6억 달러의 순으로 나타났음

<표 2-7> 2007년 기술별 투자금액

(단위: 백만 달러)

분야	신규투자금액
Wind	51,165
Solar	28,063
Bio-fuels	19,458
Biomass & Waste	10,463
Other Renew	3,323
Efficiency	2,800
Other Low Carbon	2,461

자료: UNEP(United Nations Environment Programme), Global Trends in Sustainable Energy Investment 2008

- 산업의 성숙도에 따라 주된 자금 조달 방법에 차이가 있음

- 산업의 성숙도가 높은 풍력은 자산담보 금융(Asset Financing)이 가장 일반적인 자금조달 유형임
- 상업화 초기 단계인 태양광은 IPO 등 주식시장을 통한 금융조달 비중이 가장 높으나, 여전히 효율향상 등 기술혁신의 여지가 높아 VC/PE에 의한 금융조달도 활발한 편임
- 식품의 연료 전용 문제 및 효율적인 식물자원 개발 등 많은 기술혁신이 가능한 바이오 연료 분야는 VC/PE에 의한 자금조달이 가장 높음

<표 2-8> 그린에너지별 자금조달 유형

(2007년 기준, 단위: 백만 달러)

분야	Asset Finance	Public Market	VC/PE
Wind	39,050	11,327	788
Solar	17,728	7,490	2,845
Bio-fuels	16,718	1,152	1,588
Biomass & Waste	8,631	1,023	809
Other Renew	2,362	326	636
Efficiency	-	993	1,807
Other Low Carbon	-	1,093	1,368
Total	84,489	23,404	9,842

자료: UNEP(United Nations Environment Programme), Global Trends in Sustainable Energy Investment 2008

□ 국가별 금융환경에 따라서도 자금조달방법에 차이가 있음

- 유럽은 자산담보에 의한 자금조달이 가장 일반적이며, VC/PE에 의한 조달은 미국의 37% 수준임. 주식시장을 통한 자금 조달은 56.7억 달러, 자산담보에 의한 자금조달은 155.9억 달러로 미국보다 각각 2배 정도 높음
- 미국은 VC/PE의 비중이 유럽이나 기타 국가보다 월등히 높음
- VC/PE에 의한 자금조달이 약 48.6억 달러로 전체 자금에 30%에 달하며, 주식

시장에서 자금조달이 34.5억 달러, 자산담보가 80억 달러 수준임

- 미국과 유럽의 금융환경이 상이하여 주된 자금조달 방법이 이질적임

2) 그린에너지 에너지 수요 전망

□ 전세계적으로 그린에너지에 관심이 높아지면서, 전세계 에너지 공급이 점차 증가하고 있는 것으로 나타나고 있음

- 본 연구에서는 그린에너지에 대한 범주를 기존의 신재생에너지 범주에 원자력 에너지를 포함한 개념으로 정의하였음
- 2006년 기준 그린에너지는 전체 1차 에너지 시장의 약 21%를 차지하고 있는 것으로 나타나고 있음

<표 2-9> 세계 최종에너지 소비 중 신·재생 에너지 비중(2006)

분야		신규투자금액
화석에너지		79%
재생에너지 (18%)	전통바이오매스	13%
	대수력	3%
	온수난방	1.3%
	재생발전	0.8%
	바이오연료	0.3%
원자력		3%

자료: 에너지관리공단, 신재생에너지 백서 2008

- 바이오매스가 가장 크고, 그 다음으로 원자력과 수력의 순으로 나타나고 있음
- 태양광과 풍력 등으로 구성된 기타 신·재생 에너지는 전체 에너지 수요에서 약 1% 미만으로, 그 비율이 상대적으로 낮은 것으로 나타났으나, 연평균 7.2%씩 증가해서 2030년에는 2006년 대비 약 5배 이상 증가할 것으로 예측되고 있음

<표 2-10> 분야별 그린 에너지 수요 기준 시나리오 전망

(단위: 백만 toe)

구분		에너지 수요(백만toe)			비중(%)		연평균 (‘06~’30)
		2006	2015	2030	2006	2030	
1차 에너지	원자력	728	817	901	6	5	0.9
	수력	261	321	414	2	2	1.9
	바이오메스·폐기물	1,186	1,375	1,662	10	10	1.4
	기타 신·재생	66	158	350	1	2	7.2
발전	원자력	728	817	901	16	13	0.9
	수력	261	321	414	6	6	0.9
	바이오메스·폐기물	81	132	286	2	4	5.4
	기타 신·재생	55	134	287	1	4	7.1
최종 에너지	전기	1,347	1,785	2,420	17	21	2.5
	열	273	312	342	3	3	0.9
	바이오메스·폐기물	1,042	1,169	1,294	13	11	0.9
	기타 신·재생	11	24	63	0	1	7.4
산업· 비에너지 지분야	전기	560	789	1,060	26	32	2.7
	열	118	134	139	5	4	0.7
	바이오메스·폐기물	189	224	294	9	9	1.9
	기타 신·재생	0	1	3	0	0	7.8
수송	바이오연료	24	74	118	1	4	6.8
가정· 서비스 ·농업 부문	전기	764	967	1,322	26	34	2.3
	열	156	178	203	5	5	1.1
	바이오메스·폐기물	829	871	881	28	22	0.3
	기타 신·재생	11	23	60	0	2	7.4

기타 신·재생: 태양광, 풍력, 조력 등을 포함

자료: World Energy Outlook Book 2008

□ 원자력에 의한 발전수요는 전세계적으로 2003년 2,619십억 kWh에서 2030년에는 3,619십억kWh로 증가할 것으로 예상됨.

○ 원자력 발전 부분에서 대한 전망은 최근에 개선되고 있는데, 이는 설비이용률의 향상과 선진국들의 설비 증설, 그리고 전환경제국들에서 설비수명의 연장이 예상되고 있기 때문임.

- 세계원자력 발전 설비능력의 증가세는 아시아 개발도상국이 주도할 것으로 예상되며, 특히 중국과 인도가 두드러질 것으로 전망됨. 2030년까지 중국은 연평균 7.7%, 인도는 연평균 9.1%로 원자력발전이 증가할 것으로 전망됨.
- 수력발전 또는 송전망에 연계된(Grid-connected) 그린에너지는 연평균 1.9% 정도로 지속적으로 확대돼 세계 총 에너지 소비에서 그린에너지가 차지하는 비중은 2004년 7%에서 2030년 8%로 증가할 전망이다.
- 그린에너지의 연평균 증가율은 천연가스와 비슷할 것으로 전망됨.
- 그린에너지에 의한 발전증가율은 대부분 개발도상국의 수력발전 증설에 의해 발생할 것으로, 중국, 인도, 라오스 등 아시아 지역 개발도상국의 댐과 저수지 증설에 의한 발전량 증가가 두드러짐.
- 반면, 선진국에서는 풍력, 태양광, 지열 및 바이오매스와 같은 비수력부문의 신재생에너지원을 이용한 발전이 신재생에너지 증가의 대부분을 차지할 것으로 전망됨.

제 2절 세계 플랜트 현황 및 수요 전망

1. 세계플랜트 시장 규모 및 국가별 진출 현황

1) 세계 플랜트 시장의 규모

(1) 세계 건설시장의 규모변화

□ 2008년 상위 225대 건설기업의 총 매출은 9,649억 달러로 2000년 3,719억 달러에서 약 2.5배 증가

○ 특히 2003년부터 세계 건설시장은 호황을 맞이하며 매년 10%가 넘는 증가율을 보여 왔으며, 2007년에는 세계 건설시장에서의 매출이 전년대비 27% 증가한 기록적인 증가세를 보임

○ 2008년 하반기에는 세계 경기 침체가 발생하였으나, 2008년 매출은 16.7% 증가한 것으로 나타나, 경기 침체의 영향은 아직 반영되지 않고 있음

□ 건설기업들의 해외 매출액 비중은 2000년 총 매출액의 30% 수준을 보이던 것에서 2008년 40%까지 증가

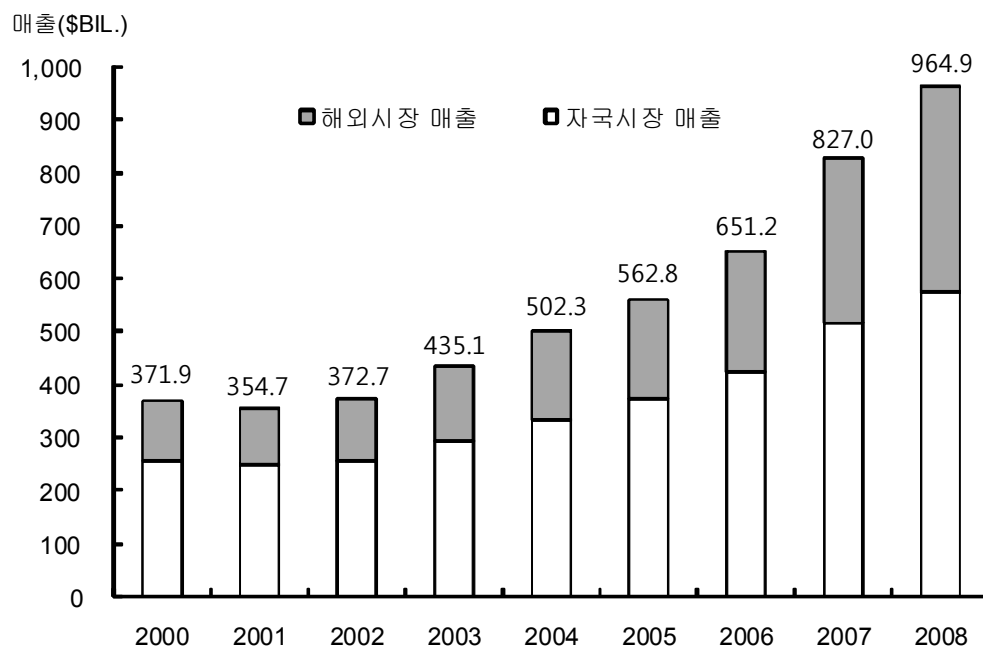
○ 2008년 해외시장에서의 매출은 경기침체의 영향에도 불구하고 25.7% 증가하여, 건설기업들의 해외 진출이 더욱 활발해지고 있음을 보여주고 있음

<표 2-11> 세계 225대 건설기업의 매출 및 증가율 추이

연도	자국시장		해외시장		전체 시장	
	매출 (십억달러)	증가율 (%)	매출 (십억달러)	증가율 (%)	매출 (십억달러)	증가율 (%)
2000	256.0	2.6	115.9	-2.4	371.9	1.0
2001	248.3	-3.0	106.5	-8.1	354.7	-4.6
2002	256.2	3.2	116.5	9.4	372.7	5.1
2003	295.2	15.2	139.8	20.0	435.1	16.7
2004	334.8	13.4	167.5	19.8	502.3	15.5
2005	373.4	11.5	189.4	13.1	562.8	12.1
2006	426.7	14.3	224.4	18.5	651.2	15.7
2007	516.7	21.1	310.2	38.2	827.0	27.0
2008	574.9	11.3	390.0	25.7	964.9	16.7

자료 : ENR 각년도, The Top 225 International Contractors, 'Top 225 at a Glance'

<그림 2-3> 세계 225대 건설기업의 매출 추이



자료 : ENR 각년도, The Top 225 International Contractors, 'Top 225 at a Glance'

(2) 지역별 해외 건설시장 규모변화

□ 상위 225개 건설업체의 전체 매출액 동향 분석과 더불어 시장 지역별 매출액과

점유율 추이에 대한 이해는 해외건설시장 흐름을 이해하는데 매우 중요한 요소임

- 지역별 건설시장의 규모는 6년간 크게 증가하였으며, 중동지역의 경우 세계 건설시장에서 차지하는 규모가 2002년 15%에서 2008년 20%로 6년간 5%가량 증가하였고 아프리카 지역도 4%의 규모 증가
- 유럽 및 미국의 경우 시장 규모는 증가하였으나, 전체 시장에서 차지하는 비중은 오히려 감소
 - 유럽의 경우 2002년 36%에서 2008년 29%로 7% 감소하였으며, 미국은 3% 감소하였다. 아시아 및 캐나다 건설시장은 동일한 비중을 나타냄

<표 2-12> 지역별 해외 건설시장 규모(2002~2008)

(단위: 백만불)

	중동	아시아	아프리카	유럽	미국	캐나다	중남미
	매출액 (비중)	매출액 (비중)	매출액 (비중)	매출액 (비중)	매출액 (비중)	매출액 (비중)	매출액 (비중)
2002	25,415	30,465	14,284	60,266	22,795	4,963	9,054
	15.2%	18.2%	8.5%	36.0%	13.6%	3.0%	5.4%
2003	16,456	26,030	12,655	46,659	22,777	4,756	9,881
	11.8%	18.7%	9.1%	33.5%	16.4%	3.4%	7.1%
2004	25,415	30,465	14,284	60,266	22,795	4,963	9,054
	15.2%	18.2%	8.5%	36.0%	13.6%	3.0%	5.4%
2005	28,155	33,781	15,139	68,584	24,974	6,307	12,077
	14.9%	17.9%	8.0%	36.3%	13.2%	3.3%	6.4%
2006	41,381	40,185	17,911	71,858	29,130	7,991	15,870
	18.4%	17.9%	8.0%	32.0%	13.0%	3.6%	7.1%
2007	62,895	55,400	28,596	96,449	36,906	8,281	21,257
	20.3%	17.9%	9.2%	31.1%	11.9%	2.7%	6.9%
2008	77,471	68,533	50,885	114,106	41,760	13,402	23,840
	19.9%	17.6%	13.0%	29.3%	10.7%	3.4%	6.1%

자료 : ENR 각년도, The Top 225 International Contractors, 'How The Top International Contractors Firms Shared The 2008 Market'

(3) 공종 별 해외 건설시장 규모변화

□ 세계 225대 건설기업들의 공종별 매출 비중은 크게 건축, 토목, 산업환경설비 부문으로 구분

○ 2008년 이들 기업들의 사업부문은 건축부문이 24.1%, 토목부문이 26.7%, 산업환경설비부문이 44.1%를 차지

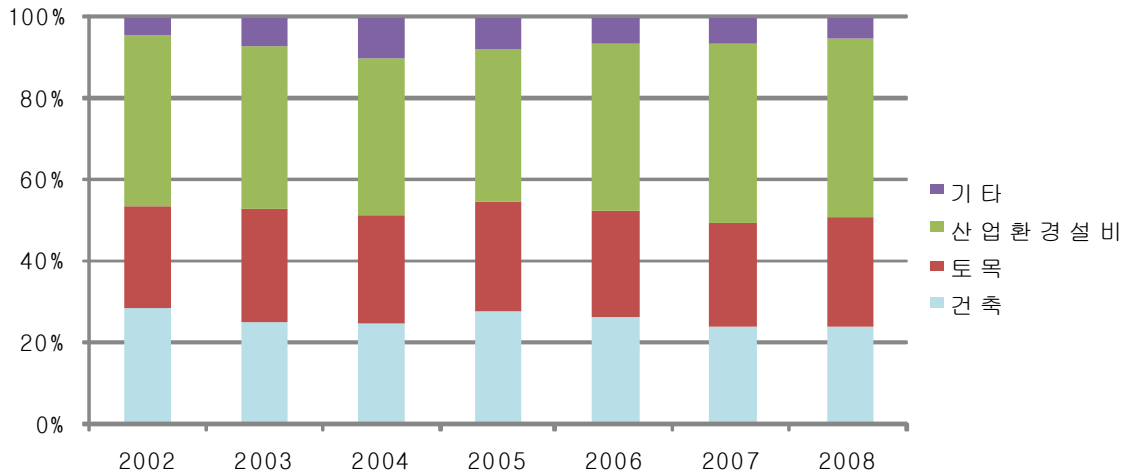
<표 2-13> 공종 별 해외 건설시장 규모(2002~2008)

(단위: 백만불)

	건축	토목	산업환경설비	기타
2002	33,386	28,728	49,351	5,052
	28.7%	24.7%	42.4%	4.3%
2003	35,528	38,445	55,974	9,877
	25.4%	27.5%	40.0%	7.1%
2004	41,566	44,043	64,949	16,929
	24.8%	26.3%	38.8%	10.1%
2005	52,629	50,876	70,825	15,082
	27.8%	26.9%	37.4%	8.0%
2006	59,432	58,928	90,981	15,087
	26.5%	26.3%	40.5%	6.7%
2007	73,955	79,378	137,017	19,897
	23.8%	25.6%	44.2%	6.4%
2008	94,068	104,092	172,014	19,834
	24.1%	26.7%	44.1%	5.1%

자료 : ENR 각년도, The Top 225 International Contractors, 'Market Analysis'

<그림 2-4> 공종별 해외 건설시장 규모(2002~2008)



자료 : ENR 각년도, The Top 225 International Contractors, 'Market Analysis'

주 : ENR의 상품분류 중 Building은 건축부문, Transportation은 토목, 그 외 Manufacturing, Industrial Process, Petroleum, Power, Water, Sewer/Waste, Hazardous Waste는 산업환경설비부문으로 구분

□ 각 사업부문의 매출은 2002년부터 6년간 모두 크게 증가

○ 이 중 토목과 산업환경설비는 전체 사업부문에서 차지하는 비중이 각각 2.0%, 1.7%정도 증가한 반면 건축부문은 4.6% 감소하여, 토목 및 산업환경설비에 대한 투자가 상대적으로 크게 증가

2) 국가별 해외시장 진출 현황

(1) 국가별 해외시장 점유율

□ 최근 5년간 국가별로 살펴본 해외 건설사업 매출액 추이에서는 미국이 가장 큰 매출 점유를 보이고 있음

○ 미국은 전체 해외시장 매출의 13.37%를 차지하고 있으며, 그 뒤로 프랑스(12.12%), 독일(10.16%), 중국(9.32%)이 큰 매출 점유율을 보이고 있으며 이들 국가 중에서는 특히 중국기업의 성장이 두드러짐

- 2004년 88억 달러의 매출을 보였던 중국은 2008년 356억 달러로 4배 증가

한 해외 매출을 보였으며, 전체 해외시장에서 중국 기업이 차지하는 매출 비중도 최근 5년간 2배 가까이 증가

- 그 밖에 매출 비중 증가를 보이는 국가에는 터키와 우리나라가 있으며 터키의 2008년 매출은 2004년에서 6.5배 증가하였으며, 이에 따라 매출 비중도 1.30%에서 2배 넘는 3.67%로 증가
- 우리나라는 2004년 31억 달러의 해외 매출을 보였으며, 2005년 24억 달러로 해외 매출이 급감하였지만, 이듬해인 2006년에는 다시 크게 증가
- 2008년 우리나라의 해외 매출액은 114억 달러이며, 2004년 대비 약 3.7배 증가한 것이며 해외 매출 비중도 1.84%에서 2008년 2.98%로 증가
- 해외 건설시장에서 좋은 매출 실적으로 보이고 있는 주요 국가들의 해외 건설사업 매출액 및 매출 비중은 다음의 <표 #-#>과 같으며 아래 주요 12개 국들은 해외시장 전체의 80%이상을 점유

<표 2-14> 주요 국가 해외 건설사업 매출액 및 점유율 추이

(단위: 백만불)

구분	2004		2005		2006		2007		2008	
	매출액	점유율	매출액	점유율	매출액	점유율	매출액	점유율	매출액	점유율
	32,316.8	19.29%	34,837.4	18.39%	38,297.6	17.06%	42,797.5	13.79%	51,116.3	13.37%
	5,199.0	3.10%	5,167.0	2.73%	6,055.0	2.70%	7,136.0	2.30%	7,144.0	1.87%
	18,599.4	11.10%	21,837.9	11.53%	25,890.1	11.54%	32,088.3	10.34%	38,866.8	10.16%
	11,436.3	6.83%	11,904.3	6.28%	12,347.1	5.50%	13,982.2	4.51%	28,433.1	3.94%
	8,769.6	5.24%	12,589.6	6.65%	12,750.6	5.68%	25,160.8	8.11%	31,322.2	7.43%
	9,051.3	5.40%	12,732.1	6.72%	11,702.6	5.21%	11,310.4	3.65%	24,612.0	3.88%
	6,682.4	3.99%	5,891.4	3.11%	6,789.8	3.03%	25,341.7	8.17%	14,046.9	8.19%
	25,668.7	15.32%	28,969.9	15.29%	33,682.9	15.01%	38,694.7	12.47%	318,833.4	12.12%
	14,555.2	8.69%	16,026.9	8.46%	18,753.6	8.36%	23,858.4	7.69%	24,612.0	6.44%
	8,832.2	5.27%	10,068.3	5.32%	16,289.4	7.26%	22,677.7	7.31%	35,632.1	9.32%
	2,178.2	1.30%	3,693.3	1.95%	6,069.7	2.70%	8,506.2	2.74%	14,046.9	3.67%
	3,076.3	1.84%	2,402.2	1.27%	6,452.4	2.88%	8,015.8	2.58%	11,409.8	2.98%
	146,365.4	87.37%	166,120.3	87.70%	195,080.8	86.92%	259,569.7	83.67%		83.37%
				100%	224,428.2	100%	310,247.0	100%	382,437.7	100%

자료 : ENR 각년도, The Top 225 International Contractors, 225대 기업 매출순위 데이터 분석

- 2008년 ENR의 225위권 기업이 속해있는 국가는 모두 36개국이며 아래 표에서는 기업이 속한 국가별로 해외시장 매출과 자국시장 매출을 포함한 전체시장의 매출, 그리고 각 순위를 보여주고 있음
- 2008년 해외시장 매출액, 즉 해외시장 점유율이 가장 큰 국가는 미국이며, 그 뒤로 프랑스(2위), 독일(3위)의 기업들이 각기 해외시장의 10%를 넘는 점유율을 보이고 있음.
- 최근 들어 해외시장에서 급격한 성장을 보인 중국은 4위에 올랐으며, 일본은 7위, 터키는 11위, 우리나라는 13위
- 자국시장을 포함한 전체시장에서의 매출 규모는 중국이 1위로 22.57%를 차지하고 있으며 다음으로 일본(2위), 프랑스(3위), 미국(4위) 기업들이 순위에 올랐으며, 이들 국가의 기업들이 각기 전체시장의 10% 이상씩을 점유
- 자국시장을 포함하였을 때 우리나라는 전체시장의 4.74%를 점유하고 있으며, 순위는 7위로 나타남
 - 자국시장을 포함하였을 경우 해외시장에서보다 국가 순위가 상승하는 것은 아직까지 우리나라 기업들의 활동이 국내 시장을 기반으로 하고 있음을 보여주는 것임

<표 2-15> 2008년 국가별 해외 및 전체시장 매출액

(단위: 백만불)

구분	국가	해외시장			전체시장		
		매출액	점유율	순위	매출액	점유율	순위
1	그리스	5,466.1	1.43%	16	5,466.1	0.57%	19
2	네덜란드	7,144.0	1.87%	14	12,988.0	1.35%	14
3	덴마크	1,017.0	0.27%	24	2,298.5	0.24%	23
4	독일	38,866.8	10.16%	3	50,271.4	5.23%	6
5	러시아	521.7	0.14%	28	1,473.7	0.15%	26
6	레바논	1,992.9	0.52%	22	2,021.4	0.21%	24
7	룩셈부르크	2,515.1	0.66%	20	2,741.1	0.29%	22
8	말레이시아	214.0	0.06%	32	558.0	0.06%	33
9	미국	51,116.3	13.37%	1	108,523.1	11.29%	4
10	벨기에	2,042.0	0.53%	21	3,059.0	0.32%	21
11	브라질	6,227.2	1.63%	15	9,101.8	0.95%	16
12	사우디아라비아	280.3	0.07%	31	559.5	0.06%	32
13	세르비아	173.8	0.05%	33	293.8	0.03%	35
14	스웨덴	15,050.1	3.94%	9	20,283.9	2.11%	12
15	스페인	28,433.1	7.43%	6	82,568.1	8.59%	5
16	아일랜드	397.4	0.10%	29	1,952.7	0.20%	25
17	에콰도르	114.0	0.03%	34	114.0	0.01%	36
18	영국	14,852.1	3.88%	10	25,127.5	2.61%	10
19	오스트리아	17,790.7	4.65%	8	23,543.1	2.45%	11
20	이스라엘	705.8	0.18%	26	827.3	0.09%	31
21	이집트	3,359.3	0.88%	17	5,980.0	0.62%	18
22	이탈리아	31,322.2	8.19%	5	40,018.6	4.16%	8
23	인도	3,126.2	0.82%	18	9,286.6	0.97%	15
24	일본	24,612.0	6.44%	7	116,812.3	12.15%	2
25	중국	35,632.1	9.32%	4	217,042.5	22.57%	1
26	칠레	110.9	0.03%	36	1,064.9	0.11%	30
27	캐나다	2,520.4	0.66%	19	7,462.0	0.78%	17
28	쿠웨이트	349.5	0.09%	30	1,186.5	0.12%	28
29	타이완	813.5	0.21%	25	1,467.5	0.15%	27
30	터키	14,046.9	3.67%	11	18,782.7	1.95%	13
31	포르투갈	582.1	0.15%	27	1,070.8	0.11%	29
32	프랑스	46,348.0	12.12%	2	111,418.2	11.59%	3
33	핀란드	113.0	0.03%	35	296.0	0.03%	34
34	한국	11,409.8	2.98%	13	45,525.2	4.74%	7
35	호주	12,123.5	3.17%	12	26,818.5	2.79%	9
36	U.A.E	1,047.9	0.27%	23	3,450.8	0.36%	20

자료 : ENR, The Top 225 International Contractors, 2009.8.31, 225대 기업 매출순위 데이터 분석

(2) 국가별 해외시장 매출 비중

□ 전년도 대비 해외시장의 매출 증가율은 2007년 38.2%, 2008년 25.7%를 기록 해외시장의 규모는 최근 급격히 증가하여, 2000년 자국시장 규모의 45%정도이던 해외시장은 2008년 68%로 증가 앞으로는 해외시장 규모는 증가할 것으로 전망

○ 해외시장의 매출 증가는 국가 경쟁력 강화의 중요한 요인으로 작용할 것임

○ 2004년부터 2008년까지 225대 기업의 전체시장 대비 해외시장 매출 비중은 6.43% 증가

- 주요 국가 중 해외시장 매출 비중 증가가 가장 큰 국가는 이탈리아로 해외 매출 비중이 29.24% 증가하였으며, 그 외 터키, 영국, 스페인의 해외 매출 비중은 10%가 넘는 증가를 보임

○ 우리나라의 해외 매출은 동일기간 8.39% 증가하여, 225대 기업의 비중 증가율 보다 높은 증가율을 보이고 있으나 2008년의 해외 매출 비중은 25.06%로 나타나, 12개국 중 10위로 여전히 해외 매출 비중이 낮은 수준임

- 앞으로도 우리나라는 해외시장으로의 적극적 진출을 모색할 필요가 있음

<표 2-16> 주요 국가 해외 건설사업 매출 비중 추이

(단위: 백만불)

구 분	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	비중변화
미국	38.56%	37.57%	38.69%	44.06%	47.10%	8.54%
네덜란드	55.65%	54.05%	54.24%	57.10%	55.00%	-0.65%
독일	72.24%	74.80%	74.94%	76.40%	77.31%	5.07%
스웨덴	80.89%	79.45%	78.53%	75.39%	74.20%	-6.69%
스페인	22.29%	25.13%	23.64%	28.60%	34.44%	12.15%
영국	45.96%	47.57%	50.35%	51.40%	59.11%	13.15%
이탈리아	49.03%	16.51%	57.76%	75.81%	78.27%	29.24%
프랑스	44.09%	41.76%	39.38%	43.64%	41.60%	-2.50%
일본	14.46%	17.28%	19.77%	21.40%	21.07%	6.61%
중국	12.82%	11.26%	13.61%	13.69%	16.42%	3.59%
터키	59.42%	54.03%	65.78%	77.40%	74.79%	15.36%
한국	16.67%	11.12%	18.34%	18.48%	25.06%	8.39%
소계 평균	32.13%	30.82%	32.85%	35.37%	37.54%	5.41%
전체 평균	33.35%	32.30%	34.47%	37.52%	39.78%	6.43%

자료 : ENR, The Top 225 International Contractors, 2009.8.31, 225대 기업 매출순

위 데이터 분석

주 : 해외 매출 비중=(해외시장 매출액/전체시장 매출액)×100

비중변화=2008년 해외 매출 비중-2004년 해외 매출 비중

□ 한편 2008년 225대 기업이 속한 36개국의 국가별 해외 매출 비중을 살펴보면 아래 <표 #-#>와 같음

- 36개국 중에는 해외 매출이 크지 않으며, 한 개 기업만의 매출이 국가의 해외 매출 비중을 대표하고 있는 국가들이 있음
 - 해외 매출 비중 1위를 차지하고 있는 그리스, 에콰도르와 같은 국가는 해외 매출 비중이 100%이나 매출액이 작고 225대 순위권 기업이 단 한 개로 이를 국가 경쟁력으로 보기는 어려움
- 해외 매출 규모가 100억 달러 이상인 국가를 중심으로 해외 매출 비중을 살펴보면, 가장 높은 해외 매출 비중을 보이는 국가는 이탈리아이며, 그 외 독일, 오스트리아, 터키, 스웨덴이 모두 70%가 넘는 해외 매출 비중을 보이고 있음
 - 반면 해외 매출 비중이 30%미만인 국가로는 한국, 일본, 중국이 있어 아시아권의 국가들이 유럽권의 국가에 비해 해외 매출 비중이 크게 적게 나타남

<표 2-17> 2008년도 국가별 해외 매출 비중

(단위: 백만불)

해외매출 비중순위	국가	해외시장 매출액	전체시장 매출액	해외매출 비중	기업 수
1	그리스	5,466.1	5,466.1	100.0%	1
1	에콰도르	114.0	114.0	100.0%	1
3	레바논	1,992.9	2,021.4	98.6%	2
4	룩셈부르크	2,515.1	2,741.1	91.8%	1
5	이스라엘	705.8	827.3	85.3%	2
6	이탈리아	31,322.2	40,018.6	78.3%	26
7	독일	38,866.8	50,271.4	77.3%	4
8	오스트리아	17,790.7	23,543.1	75.6%	2
9	터키	14,046.9	18,782.7	74.8%	31
10	스웨덴	15,050.1	20,283.9	74.2%	1
11	브라질	6,227.2	9,101.8	68.4%	2
12	벨기에	2,042.0	3,059.0	66.8%	1
13	세르비아	173.8	293.8	59.2%	1
14	영국	14,852.1	25,127.5	59.1%	5
15	이집트	3,359.3	5,980.0	56.2%	3
16	타이완	813.5	1,467.5	55.4%	1
17	네덜란드	7,144.0	12,988.0	55.0%	1
18	포르투갈	582.1	1,070.8	54.4%	1
19	사우디아라비아	280.3	559.5	50.1%	1
20	미국	51,116.3	108,523.1	47.1%	25
21	호주	12,123.5	26,818.5	45.2%	4
22	덴마크	1,017.0	2,298.5	44.2%	2
23	프랑스	46,348.0	111,418.2	41.6%	5
24	말레이시아	214.0	558.0	38.4%	1
25	핀란드	113.0	296.0	38.2%	1
26	러시아	521.7	1,473.7	35.4%	1
27	스페인	28,433.1	82,568.1	34.4%	11
28	캐나다	2,520.4	7,462.0	33.8%	2
29	인도	3,126.2	9,286.6	33.7%	2
30	U.A.E	1,047.9	3,450.8	30.4%	2
31	쿠웨이트	349.5	1,186.5	29.5%	2
32	한국	11,409.8	45,525.2	25.1%	13
33	일본	24,612.0	116,812.3	21.1%	15
34	아일랜드	397.4	1,952.7	20.4%	1
35	중국	35,632.1	217,042.5	16.4%	50
36	칠레	110.9	1,064.9	10.4%	1
합계		382,437.7	961,455.1	39.8%	225

자료 : ENR, The Top 225 International Contractors, 2009.8.31.

2. 국내 플랜트 시장 현황 및 시사점

1) 90년대 이후 수주형태 변화

(1) 세계 시장별 수주 형태 추이

□ 우리나라의 플랜트 시장 진출 지역은 크게 중동, 아시아, 북미태평양, 유럽, 아프리카, 중남미의 6개 지역으로 구분할 수 있음

○ 2008년까지의 총 수주누계를 기준으로 중동지역이 전체 수주의 58.2%, 아시아 지역이 31.4%를 차지하는 등 이들 2개 지역이 전체의 90% 정도를 차지

□ <표 #-#>에서 지역별 수주동향을 살펴보면, '60년대에는 해외건설 수주활동이 미미한 수준이었고 '70년대에는 중동지역 진출이 이루어지면서 이 지역에서의 수주가 전체 해외 공사의 90% 이상을 차지하게 되었으며, 이러한 추세는 '80년대까지 이어짐

□ 중동 및 아시아 시장 진출현황

○ '90년대에 들어서면서부터는 중동시장의 퇴조 및 아시아 지역의 경기활성화에 따라 아시아 지역의 수주비중이 중동지역을 추월

○ 이후 '90년대 후반에 들어서부터는 아시아권역의 금융위기 여파에 따른 경기 침체가 지속되는 가운데 2000년대 들어 중동지역의 유가상승 지속에 따른 플랜트 건설시장의 활성화에 힘입어 중동에서의 수주비중이 다시 커지고 있는 추세

□ 북미·태평양 지역 시장 진출 현황

○ 북미·태평양 지역의 수주추이를 살펴보면, 연대별로 꾸준히 상승하다가 1990년대 우리 기업의 투자개발형 사업 참여 붐을 타고 38억 달러를 수주하였으나 외환위기 이후 지속적인 감소세로 2000년대에는 수주가 급감, 겨우 1억 달러를 상회하는 수준에 머무름

○ 중남미 지역의 경우에는 1990년대 특히, 외환위기 이후 동남아 시장의 대체시장으로 급부상하여 1997년에는 15억 달러를 수주하였고, 1999년에는 9억 달러

를 수주하여 전체 수주의 약 10% 이상의 비교적 높은 점유율을 보였으나 금융위기의 확산으로 발주물량이 감소하면서 2001년부터 하락세를 보임

□ 아프리카 지역 시장 진출 현황

- 아프리카 지역은 <표 #-#>에 나타난 바와 같이 수주액은 중동 및 아시아 지역에 비하면 훨씬 저조한 편이나 꾸준한 상승세를 보여주고 있음
- 우리기업의 입장에서 보면 6개 지역 중 중동과 아시아는 주요 시장으로 자리매김하였으나 북미·태평양, 유럽, 아프리카, 그리고 중남미 지역은 아직도 시장개척의 대상으로 볼 수 있음
- 그러나 이중 북미·태평양 지역과 유럽지역은 몇몇 국가를 제외하고는 경쟁력 측면에서 우리기업들이 쉽게 넘볼 수 없는 시장으로 평가받고 있음
- 반면, 아프리카, 중남미 지역은 광활한 면적, 풍부한 원유 매장량과 저조잠재력, 부족한 인프라 시설 등을 견주어 볼 때 시장개척을 통하여 주요 시장으로 자리매김 하려는 노력이 절실한 실정임

<표 2-18> 지역별 해외수주 추이

(단위: 백만불, %)

구 분	1960년대	1970년대	1980년대	1990년대	2000년대	합 계
중동지역	0 (0.0)	20,621 (93.9)	56,365 (87.3)	18,970 (26.5)	78,783 (55.5)	174,601 (58.2)
아시아지역	54 (88.7)	1,057 (4.8)	7,196 (11.1)	40,717 (56.8)	45,061 (31.8)	94,240 (31.4)
북미·태평양	7 (11.3)	167 (0.8)	440 (0.7)	3,830 (5.3)	2,028 (1.4)	6,471 (2.2)
유럽지역	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	4,175 (5.8)	4,254 (3.0)	8,273 (2.7)
아프리카	0 (0.0)	48 (0.2)	567 (0.9)	1,309 (1.8)	7,944 (5.6)	10,007 (3.3)
중남미	0 (0.0)	59 (0.3)	- 6 (0.0)	2,711 (3.8)	3,766 (2.7)	6,530 (2.2)
합 계	62 (100.0)	21,951 (100.0)	64,562 (100.0)	71,712 (100.0)	141,836 (100.0)	300,122 (100.0)

자료 : 해외건설협회

(2) 공종별 수주 변화 추이

□ 공종별 변화추이는 토목, 건축, 플랜트건설, 전기, 용역, 통신 등 크게 6개로 나눌 수 있음

○ 우리나라 해외건설 수주구조는 '90년대부터 지역별, 공종별로 뚜렷한 변화를 나타내고 있으며 특히 2000년대에 들어와서는 플랜트건설의 비중(62.1%)이 압도적으로 높아지고 있음

○ <표 #-#>은 각 공종의 연대별 계약액과 점유율의 추이를 표로 나타낸 것임

- '60년대에는 토목과 건축분야가 전체의 95%이상을 차지하여 그 비율이 높았으나 '70년대에 들어서면서 토목분야의 비중은 떨어지고 '60년대 수주비중이 1.6%였던 플랜트건설 분야의 비중(15.2%)이 상당히 높아지는 것을 볼 수 있음
- '80년대에는 토목과 건축수주의 비중이 압도적이었으나 '90년대를 거쳐 2000년대에 들어서면서 점차적으로 감소하여 경쟁력이 떨어지고 있는 것을 볼 수 있음
- 반면 플랜트건설의 비중은 '90년대 들어 '80년대에 비하여 배 이상 늘어났고 2000년대에는 전체 수주의 62.1%를 차지하여 플랜트 건설시대로 접어들었음을 보여주고 있음

○ 이처럼 플랜트건설의 수주비중이 높아진 것은 토목·건축부문의 경쟁력 저하, 국내 및 중동 등 산유국에서의 플랜트 건설공사 수행경험 및 기술축적, 외환위기 이후의 고부가가치·수익성 위주의 영업활동 전개 등의 요인이 있음

- 1990년대 들어 토목·건축부문의 가격경쟁력이 저하되면서 이에 대한 대체방안으로 건설교통부 및 해외건설협회의의 각종 정책, 세미나, 교육 등을 통하여 고부가가치 플랜트건설로의 전환을 도모한것이 주된 요인

○ 한편 기타 전기, 통신, 용역부문의 수주는 80년대를 정점으로 점차 감소추세

- 하지만 용역부문의 경우에는 2000년대에 정부에서 해외용역실적에 대하여 국내용역 프로젝트 입찰시 가점제를 도입하는 등 적극적인 해외진출 활성화 노력을 기울인 결과, 2002년부터 점차적으로 수주가 증가하고 있음

<표 2-19> 공종별 해외수주 추이

(단위: 백만불)

구 분	1960년대	1970년대	1980년대	1990년대	2000년대	합 계
토 목	30 (48.4)	6,831 (31.1)	23,792 (36.8)	20,891 (29.1)	22,346 (15.8)	74,082 (24.7)
건 축	30 (48.4)	10,301 (46.9)	29,410 (45.6)	23,547 (32.9)	25,490 (18.0)	88,836 (29.6)
플랜트건설	1 (1.6)	3,328 (15.2)	8,145 (12.6)	25,263 (35.2)	88,080 (62.1)	124,316 (41.4)
전 기	0 (0.0)	269 (1.2)	1,681 (2.6)	1,421 (2.0)	4,008 (2.8)	7,627 (2.5)
통 신	1 (1.6)	1,098 (5.0)	450 (0.7)	384 (0.5)	146 (0.1)	2,078 (0.7)
용 역	0 (0.0)	124 (0.6)	1,084 (1.7)	207 (0.3)	1,763 (1.2)	3,181 (1.1)
합 계	62 (100.0)	21,951 (100.0)	64,562 (100.0)	71,712 (100.0)	141,835 (100.0)	300,122 (100.0)

자료 : 해외건설협회

2) 최근 3년간 진출 현황 분석 및 세계 시장 규모 예측

(1) 최근 3년간 세계 플랜트 시장현 진출 현황

□ <표 4-7>에서 보듯 2008년 우리나라의 해외건설 매출액의 대부분은 중동과 아시아 지역에 편중되어 있음을 알 수 있음.

- 중동 지역의 경우, 매출액 46.97%의 증가율을 보이면서 주요 시장의 역할을 하였고, 중동 지역과 더불어 아시아 지역시장에서의 매출액 상승 (1,469 백만 불)도 2008년 114억불의 매출액을 달성하는데 주요한 요소로 작용한 것을 알 수 있음.
- 그러나 중동과 아시아 그리고 아프리카 지역을 제외한 기타 지역에서는 점유율이 감소되면서 시장의 다변화 측면에서는 성공적이지 못한 한 해였음을 짐작할 수 있음.
- 그러나 중동과 아시아 그리고 아프리카 지역을 제외한 기타 지역에서는 점유율이 감소되면서 시장의 다변화 측면에서는 성공적이지 못한 한 해였음을 짐작할 수 있음.

<표 2-20> 한국업체의 지역별 시장 점유율과 매출액 추이

(단위: 백만 불, %)

지역	'07-'08 매출액 증감율	2008		2007		2006	
		매출액	점유율	매출액	점유율	매출액	점유율
중 동	46.97%	5,970.20	7.70%	4,062.20	6.50%	3,208.40	7.80%
아시아	65.75%	3,703.80	5.40%	2,234.60	4%	1,165.20	2.90%
아프리카	28.38%	1,091.40	2.10%	850.1	3%	922.4	5.20%
기 타	-25.83%	644.4	0.30%	868.8	1%	1,156.50	0.90%
누 계	42.34%	11,409.80	2.90%	8,015.70	2.60%	6,452.50	2.90%

자료출처: ENR 2009, 2008, 2007

□ 2008년 13개의 우리 업체가 해외 건설시장에서 올린 매출액은 약 114 억불로, 매출액의 대부분은 중동, 아시아를 포함한 3개국에서 거둔 것으로 시장의 다변화가 필요한 실정임.

□ <표 4-8>은 13개 업체의 공종별 매출액과 점유율 동향을 보여주는 데 가장 두드러지는 특징은 현재의 “플랜트” 부문 반영하듯 전체 매출액의 56.18%를 산업 및 석유화학 플랜트 관련 프로젝트에서 거두었음.

□ 다음으로 사회기반시설 프로젝트인 교통관련 공종에서 18.74% (21 억불)의 점유율을 기록하였고, 건축, 제조공장, 상하수도, 및 기타 공종에서는 상대적으로 저조한 실적을 거둬들여 시장 다변화와 함께 공종의 다변화를 위한 노력도 시급한 실정임을 보여주고 있음.

<표 2-21> 한국업체의 공종별 점유율과 매출액 추이

(단위: 백만 불, %)

순위	총매출액	건축	제조공장	전력	상수도	하수도	산업/석유화학 플랜트	교통시설	유해폐기물	통신
1	1,952.0	117.1	19.5	741.8	-	-	663.7	409.9	-	-
2	1,856.7	0.0	92.8	-	-	18.6	1,745.3	-	-	-
3	1,255.5	37.7	-	389.2	12.6	-	703.1	113.0	-	-
4	1,251.7	37.6	12.5	50.1	-	-	1,151.6	12.5	-	-
5	959.2	393.3	182.2	67.1	-	-	95.9	220.6	-	-
6	941.0	0.0	-	-	-	9.4	894.0	-	-	-
7	895.1	0.0	-	-	-	-	895.1	-	-	-
8	720.0	0.0	-	-	36.0	64.8	-	626.4	-	-
9	665.5	0.0	-	-	13.3	-	-	652.2	-	-
10	495.6	14.9	-	247.8	-	-	213.1	19.8	-	-
11	142.4	57.0	11.4	-	-	-	-	72.6	-	-
12	141.7	120.4	-	-	-	4.3	4.3	11.3	-	-
13	133.4	0.0	-	89.4	-	-	44.0	-	-	-
누계	11,409.8	777.9	318.5	1,585.4	61.9	97.0	6,410.0	2,138.4	-	-
점유율		6.82%	2.79%	13.89%	0.54%	0.85%	56.18%	18.74%	-	-

자료출처: ENR 2009, 2008, 2007

<표 2-22> ENR 225 개 업체중 상위 30개사와 13개 한국업체

(단위: 백만 불, %)

순위			회사명	국가	2008 Int'l 매출액 (\$MIL.)
2009	2008	2007			
1	1	1	HOCHTIEF AG	GERMANY	26,181.8
2	2	3	VINCI	FRANCE	18,489.3
3	4	4	STRABAG SE	AUSTRIA	15,946.1
4	3	2	SKANSKA AB	SWEDEN	15,050.1
5	6	6	BECHTEL	U.S	13,984.0
6	5	5	BOUYGUES	FRANCE	13,567.0
7	7	0	SAIPEM	ITALY	11,665.0
8	9	9	BILFINGER BERGER AG	GERMANY	10,757.0
9	8	7	TECHNIP	FRANCE	10,701.0
10	10	12	BOVIS LEND LEASE	AUSTRALIA	9,241.9
11	11	10	FLUOR CORP	U.S	3,140.7
12	13	22	FCC, FOMENTO DE CONSTRUY. CONTRATAS SA	SPAIN	8,530.8
13	15	8	KBR	U.S	7,972.0
14	0	0	ZHONGHAO OVERSEAS CONSTRUCTION ENG'G CO. LTD.,	CHINA	7,671.0
15	12	11	ROYAL BAM GROUP NV	NETHERLAND	7,144.0
16	14	20	BALFOUR BEATTY PLC	U.K	6,042.0
17	18	14	CHINA COMMUNICATIONS CONSTRUCTION GROUP LTD.,	CHINA	5,858.8
18	20	21	CONSTRUTORA NORBERTO ODEBRECHT	BRAZIL	5,527.0
19	16	13	CONSOLIDATED CONTRACTORS GROUP	GREECE	5,466.1
20	19	17	GRUPO ACS	SPAIN	5,099.2
21	22	27	FOSTER WHEELER AG	U.S	4,607.0
22	23	32	OBAYASHI CORP	JAPAN	3,990.0
23	29	34	CB&I	U.S	3,984.3
24	24	23	KAJIMA CORP	JAPAN	3,727.8
25	21	18	CHINA STATE CONSTRUCTION ENGINEERING CORP	CHINA	3,523.2
26	0	26	EIFFAGE	FRANCE	3,487.4
27	30	29	PETROFAC LTD.,	U.K	3,329.5
28	48	55	CHINA NATIONAL MACHINERY INDUSTRY CORP	CHINA	3,080.7
29	17	16	CHIYODA CORP	JAPAN	3,027.0
30	38	0	DANIELI GROUP	ITALY	2,997.0
52	59	43	HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION CO. LTD.,	SKOREA	1,952.0
53	46	49	SAMSUNG ENGINEERING CO. LTD.,	SKOREA	1,856.7
67	63	58	DAEWOO E&C CO. LTD.,	SKOREA	1,255.5
68	64	52	GS ENGINEERING & CONSTRUCTION	SKOREA	1,251.7
75	69	48	SAMSUNG C&T CORP.,	SKOREA	959.2
77	0	0	DAELIM INDUSTRIAL CO. LTD.,	SKOREA	941.0
81	66	68	SK ENGINEERING & CONSTRUCTION	SKOREA	895.1
93	112	112	SSANGYONG ENGINEERING & CONSTRUCTION CO. LTD.,	SKOREA	720.0
101	84	114	HANJIN HEAVY INDUSTRIES & CONSTRUCTION CO. LTD.,	SKOREA	665.5
115	192	0	POSCO ENGINEERING & CONSTRUCTION	SKOREA	495.6
196	204	0	KUMHO INDUSTRIAL	SKOREA	142.4
198	215	169	LOTTE ENGINEERING & CONSTRUCTION CO. LTD.,	SKOREA	141.7
203	781	0	HANWHA ENGINEERING & CONSTRUCTION CORP	SKOREA	133.4

자료출처: ENR 2009, 2008, 2007

(2) 플랜트 시장 규모 예측

- 2008년 기준 세계 플랜트 시장은 약 9,090억 달러이며, 2015년에는 1조 1,100억 달러에 이를 것으로 전망됨.

<표 2-23> 전세계 플랜트 시장 규모 예측

(10억 달러)

	'03	'04	'05	'06	'07	'08	09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
규모	530	550	680	660	700	909	726	824	881	941	977	1,058	1,110

- 향후 지역별 시장규모를 보면, 동남아시아, 중동, 중남미 순으로 규모가 큰 것으로 나타나고 있음.

<표 2-24> 지역별 플랜트 시장 규모

	2000	2005	2010	2015	CAGR (‘00-‘05)	CAGR (‘05-‘10)	CAGR (‘10-‘15)
중동	13.9	17.8	56.2	74.7	5.1%	25.9%	5.8%
아프리카	7.6	12.0	21.9	29.3	9.4%		6.0%
동남아시아	30.3	41.1	68.4	99.7	6.3%		7.8%
중앙아시아	8.2	11.1	16.3	23.9	6.3%		7.9%
중남미	15.7	20.5	29.9	39.7	5.5%	7.8%	5.8%
Total	75.6	102.4	192.8	267.3	6.3%	13.5%	6.8%

- 공종 별로 보면, 2000년에는 발전분야의 플랜트 분야에서 차지하는 비중이 50.3%로 가장 높았으나, 2015년에는 Oil & Gas 분야의 비율이 상대적으로 높은 것으로 예상됨.

<표 2-25> 공중 별 플랜트 시장 규모

	2000	2005	2010	2015	CAGR (00-05)	CAGR (05-10)	CAGR (10-15)
Oil & Gas	58.6(28.9%)	66.4(28.1%)	84.6(31.0%)	126.5(36.4%)	2.5%	5.0%	8.4%
Refin ery	22.1(10.9%)	26.7(11.3%)	23.5(8.6%)	28.5(8.2%)	3.8%		3.9%
Petro chem ical	18.4(9.0%)	5.5(10.8%)	21.3(7.8%)	31.7(9.1%)	6.8%		8.3%
Powe r	102.1(50.3%)	114.9(48.6%)	137.0(50.1%)	153.3(44.1%)	2.4%		2.3%
Desal inatio n	1.8(0.9%)	2.9(1.2%)	6.9(2.5%)	7.7(2.2%)	10.2%	18.7%	2.2%
Total	203.0(100%)	236.3(100%)	273.2(100%)	347.6(100%)	3.1%	2.9%	4.9%

3) 종합 시사점

- 우리나라 해외건설 수주의 특징은 특히 중동 및 아시아 지역시장에 대한 의존도가 매우 높고, 중동지역의 경우 유가상승 등 외부 발주환경의 변화에 따른 수주의 부침이 매우 큼
- 우리나라는 1984년도 이전까지 엄청난 외형적 성장을 보였지만 이후 1984년부터 1992년까지 317억 달러로 50%가량 수1993-1997에는 459억 달러, 1998-2003에는 328억 달러로 축소됨
 - 하지만 2004년 이후 2006년까지의 기간에는 348억 달러이며, 2007년과 2008년의 수주액은 각 397억 및 476억 달러로, 향후에도 이러한 수주가 더 지속될 것으로 보여, 제2의 해외건설 황금기를 보이고 있음
- 주 진출지역을 기준으로 볼 때, 우리나라 해외건설시장은 중동 및 아시아 시장이 이 지역 시장환경의 변화에 따라 크게 부침이 있는 것으로 나타남
 - 오일쇼크 이전까지는 아시아 시장이 전체수주의 79%를 점유하다가 오일

쇼크 등 고유가에 접어든 시점에서는 중동지역의존도가 높아지고 있음

- 특히 1990년도에는 시장다변화가 점차 이루어진 시기로 보여지는 데 아시아 및 중동시장의 의존도가 79%로 줄어든 대신에 북미·태평양, 유럽, 중남미 지역의 수주비중이 다소 증가하는 경향을 나타냄

○ 2000년도 이후 중동 및 아시아 지역이 강세를 보이고 있으며, 아프리카 지역의 수주가 전체의 10%를 상회하고 있어 우리나라 해외건설업의 주요 시장으로 부상하고 있음

- 아프리카 지역은 점진적으로 해외 수주의 비중이 증가하고 있어, 향후에도 이 지역의 수주는 지속적으로 증가할 것으로 판단됨

□ 주된 공종을 기준으로 볼 때 2000년대 이전까지는 토목 및 건축이 번갈아 가며, 주 공종으로서의 위치를 차지하고 있었지만, 2000년도 이후에는 산업설비(플랜트)가 주 공종으로서의 위치를 차지하는 것으로 나타남

○ 특히 2004년 이후에는 토목분야 보다는 건축분야의 비중이 더욱 높게 나타나고 있다. 그리고 설계·엔지니어링 등 용역의 경우 전체 수주액비중이 1%미만으로 나타나, 이 분야의 해외시장 확대가 시급한 것으로 분석됨

제 3장 에너지원별 경쟁력 및 기술력 분석

제 1절 원자력

1. 원자력 발전의 개요

- 원자력 발전소(原子力 發電所, Nuclear Power Plant)는 원자로의 핵에너지를 이용하여 만든 열을 가지고 발전을 하는 발전양식임
 - 원자력 발전소는 다른 발전소보다 더 많은 전력을 생산할수 있으며, 이산화탄소를 거의 배출하지 않음
- 원자력 발전소의 종류를 살펴보면, 현재 가동되고 있는 상업용 원전은 미국에서 개발한 가압경수로형과 비등경수로형, 영국에서 개발한 고온가스냉각로형, 캐나다에서 개발한 가압중수로형 등이 있음

<표 3-1> 원자로의 종류

가압경수형원자로(PWR)	가압중수형원자로(PHWR)
원자로 계통: 150으로 가압	Canadian Deuterium natural Uranium Reactor
저농축우라늄(3~5%의 우라늄 U-235)을 핵연료로 사용	원자로계통: 110기압으로 가압
냉각재와 감속재: 물(경수) 월성 원전을 제외한 국내 모든 원전에 해당	천연우라늄을 핵연료로 사용, 운전 중 연료교체 냉각재와 감속재: 중수(D2O), 월성원전에 사용
비등경수형원자로(BWR)	고속증식로(FBR)
냉각재를 끓여 생산된 증기가 터빈을 직접 구동	액체 금속로
비등허용(직접단일 Cycle, 강제순환방식)	냉각재로 액체나트륨을 사용하며 감속재 불필요
저농축우라늄(3~5%내외)을 핵연료로 사용	발성중성자수 많고 흡수되는 중성자수가 작아
냉각재와 감속재: 물(경수)	소비한 연료보다 더 많은 연료 생산
증기발생기가 없으며, PWR 다음으로 많이 사용	실용화될 경우 우라늄의 이용가치 훨씬 상승.

- 원자력 발전소 건설에 있어 원자로의 종류와 원자로 공급자가 가장 중요한 건설요소임

- ☐ 원자력산업은 크게 ‘발전용 원자로 사업’과 ‘연구용/중소형 기술사업’으로 구분할 수 있음

<표 3-2> 원자력 산업 구분

구분	기본원리 및 특징	적용분야
발전용 원자로 사업	<ul style="list-style-type: none"> · 기본원리 <ul style="list-style-type: none"> - 핵분열→열→증기/터빈→발전 · 사업: 전력을 생산/공급하는 원자력 사업의 주류 · 규모: 1000MW이상¹³⁾ · 원자로 유형 <ul style="list-style-type: none"> - 가압경수로(세계원전의 60%, 미국식) - 비등경수로(세계원전의 22%, 영국식) - 가압중수로(캐나다식) 	<ul style="list-style-type: none"> · 원자력 발전사업 · 현재 원자력 사업의 주류를 이루며 상용화가 이루어짐
연구용 및 중소형 원자로 등 기술사업	<ul style="list-style-type: none"> · 기본원리 <ul style="list-style-type: none"> - 핵분열→방사성동위원소→의학/농업/산업용 - 핵분열→열→증기→동력/난방/담수화 · 사업: 연구용, 난방용, 동력원 등 원자력 기술을 활용한 Application 및 차세대 에너지사업 · 규모: 중형 500MW 내외, 소형 100MW 미만 	<ul style="list-style-type: none"> · 실증용 원자로 사업, 해수 담수화 사업, 상업용 수소 생산 등이 가능하며, 아직 상업화 시장이 형성되지 않은 단계

2. 세계 원자력시장의 현황과 수요전망

1) 현황

- ☐ 세계 원전시장의 현황과 전망

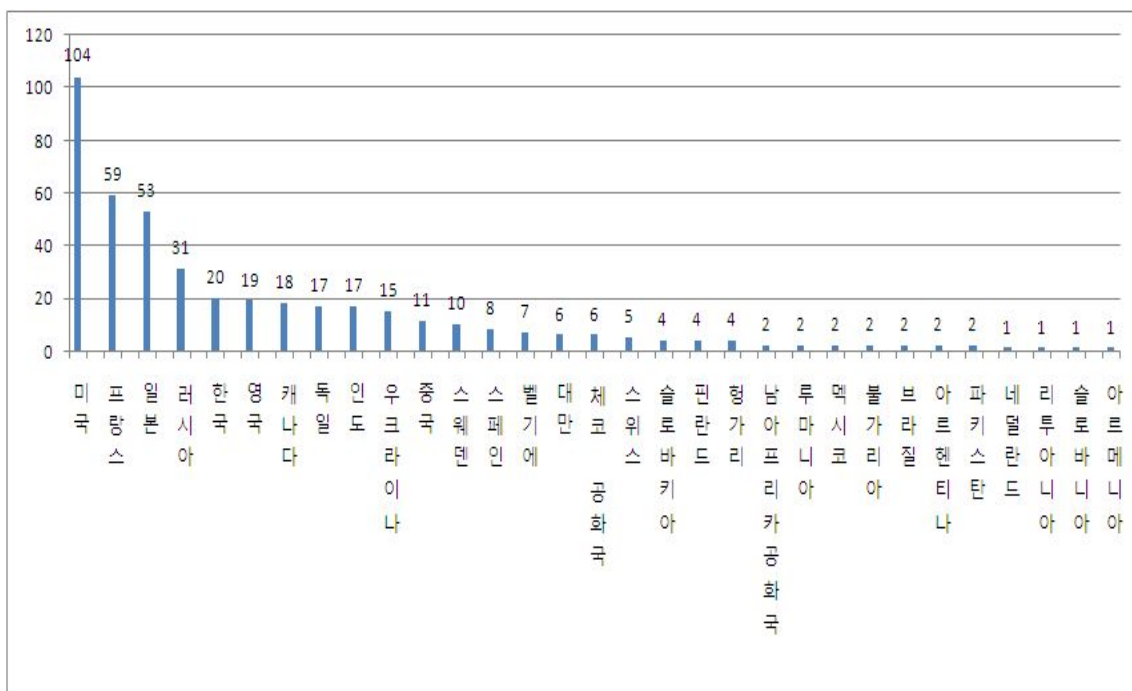
- 현재 세계의 총원자력 발전은 31개국에서 436기가 운영되고 있으며 세계전력의

13) 1000MW(Mega Watt): 250만 세대에 전력을 공급할 수 있는 규모

16% 공급을 담당하고 있음(2009년8월 기준)

- 에너지의 안정정적인 확보와 지구 온난화 문제로 세계 원전 수요가 크게 증가가 예측되고 있음
- IAEA는 2030년까지 300여기의 원전 건설을 추진할 것으로 예상하여 약 700조 원의 원전건설 시장을 예상하고 있음
- 이와 같은 원전건설의 확대 전망에 따라 주요 선진국들 간에 세계 원전시장을 선점하기 위한 배타적 주도권 경쟁이 치열함. 또한 세계 원전 공급자들은 인수·합병과 전략적인 제휴를 통하여 원전산업의 역할을 통합하여 효율성과 경쟁력을 제고하고 있음

<그림 3-1> 세계 원전운영 현황



※ 2009년 8월 현재(WNA)

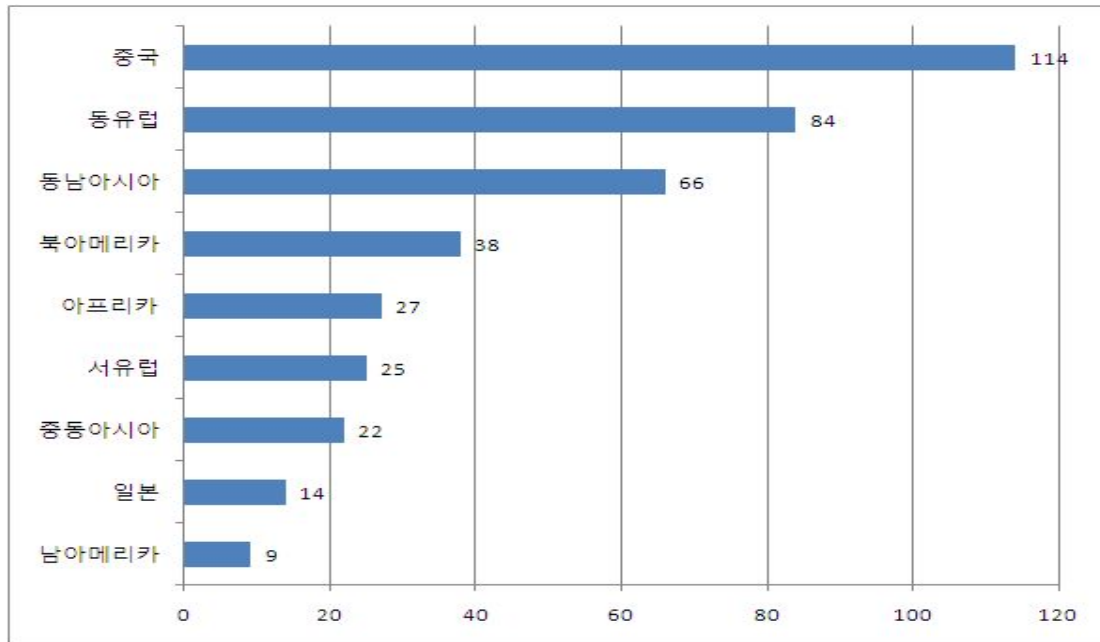
2) 수요전망

- CO2 감축, 안정적 전력 공급을 위한 신규 원전 증설 등으로 거대 원전 시장 확대 예상

- '30년까지 원자력발전은 300기 이상 신규 건설 전망(약 900조원 시장)
 - * '07년 372GWe에서 '30년 473-748GWe 전망
 - 최근 각 국의 신규 원전 건설 및 도입 계획 발표치는 IAEA의 낙관적 전망치에 근접
- 최근 경수로 건설경험 보유국은 한국, 일본(Toshiba 등 3사), 프랑스(AREVA) 정도에 불과하여, 우리의 기자재 및 설계용역 분야 수출 급증('07년까지 9억불)
- 전 세계적으로 원자력 발전소 건설과 관련한 계획 및 추진중인 현황을 살펴보면 다음과 같음
- 2009년 8월 현재 WNA(World Nuclear Association)에 보고된 원자력 발전소 건립 예정현황을 대륙별 국가별로 살펴보면, 중국이 앞으로 114기의 발전소를 건립할 예정이며, 다음으로 동유럽국가들 84기, 동남아시아 66기, 북아메리카 38기, 아프리카 27기, 서유럽 25기등 407기의 원자력 발전소를 건립할 예정임
 - 동남아시아의 경우 인도가 38기로 가장많은 원전 건설을 계획중에 있으며, 아프리카의 경우 남아프리카 공화국만이 향후 27기를 건설할 예정임
 - 서유럽의 국가들의 경우 원자력 발전에 의한 전력생산을 줄이고 신·재생 에너지 비중을 확대함에 따라 전반적인 원자력 발전소 건설계획은 매우 미약한 실정임¹⁴⁾

14) 한국전력은 인도원자력 공사와 2009년 8월 원전개발 및 운영과 관련한 상호협력협정(MOU)를 체결하였음. 한국전력은 인도 원자력공사와 공동으로 한국형원전인 APR1400의 건설 타당성 및 경제성에 대한 연구조사를 수행할 예정이며 이를 토대로 한국형 원전의 인도 진출을 추진할 계획임. 현재 우리나라는 원자력 수출을 추진하는 중국, 인도, UAE, 터키 등 14개국 중 MOU를 체결한 국가는 UAE, 요르단, 터키, 인도 4개국임

<그림 3-2> 국가 및 권역별 원전 건설 계획



자료: WNA(World Nuclear Association) 2009년 8월기준

※ 원전 수출은 경제적 파급효과 및 부가가치가 큰 성장동력산업

- 2기 건설 시, 직접 약 3조원, 관련 산업 생산효과 약 7조원, 고용창출 5.5만명
- * 30만톤급 초대형 유조선 20척, 소나타 승용차 16만대 수출효과와 같음

□ 연구 원자로의 경우 현재 전세계적으로 약 680여기의 원자로가 건설되어 있으며, 약 250여기가 운전중임. 나머지 430여기는 해체 또는 운전정지중에 있음

○ 운전 중인 250여기 중 80%는 20년 이상, 65%는 30년 이상 운전하여 노후화에 따라 점진적인 대체 수요 발생 예상

○ 2030년까지 중형 연구로(10MW~30MW) 대체수요는 114기 정도 예상

- 소형 연구로를 운전하고 있는 국가에서 방사선이용 분야 확대 및 상용원전 도입 준비를 위해 중형 연구로(10~20MW)의 건설 가능성이 있음
- 대형 재료시험로는 현재 운영 또는 계획중인 연구로로 수요 만족되므로 신규 건설에서 제외 ⇒ 네덜란드 PALLAS 이후 향후 2025년까지는 50MW이상의 대형연구로 수요는 없을 것으로 예상

- 중형연구로 114기 중 미국, 프랑스, 러시아, 캐나다, 중국, 아르헨티나, 독일, 인도, 일본 등은 자체 건설 능력이 있으며, 약 40여 개국 50여기가 해외시장에서 조달 가능 (50기 X ~4천억원 = ~20조원 규모)

3. 원자력 산업 및 경쟁구조 분석

1) 세계 원전시장의 과점화

- 해외 유수의 원전 공급사들은 전략적 제휴 및 합병 등을 통해 시장경쟁력을 강화하는 것은 물론 사업영역을 확장하고 있음(원자력 백서, 2008)

- 최근 새롭게 형성되고 있는 신규 원전시장을 두고 해외 유수의 원전 공급사들은 치열한 경쟁을 벌이고 있음. 과거와는 다른 최근 상황의 특징은, 원전 공급사들이 신규 원전시장에서 경쟁력 강화를 통해 생존하기 위해 라이벌 관계에 있는 회사들과 과감한 짝짓기를 시도하고 있다는 것임

- 그 예로, 2006년 10월 일본의 도시바는 미국의 웨스팅하우스를 인수하였음. 그러자 라이벌 사인 미쓰비시는 자사의 가압경수로(PWR6)를 국제시장에 판매하기 위해 웨스팅하우스의 라이벌인 아레바와 제휴를 맺음. 그리고 같은 해 프랑스의 아레바와 100만 kW급 신형 PWR을 개발하기로 합의하는 등 도시바의 웨스팅하우스 인수에 발 빠르게 대응함¹⁵⁾

- 90년대 극심한 신규원전건설 시장의 침체에 따라 세계 원전산업계의 선도업체들의 변화가 일어남

- 극심한 각국의 반 원전정책이 극단적으로 진행되었던 유럽지역에서는 유일하게 프랑스만이 꾸준히 원자력발전소를 건설하였고 이러한 자국시장을 바탕으로 성장을 거듭한 프랑스 유일의 원전업체인 AREVA사는 독일의 Siemens사의 원자력사업부문을 합병하여 세계 최대의 원전공급사로 거듭남

15) PWR : Pressurized Water Reactor

2) BWR : Boiling Water Reactor

- 미국의 3대 원전산업체였던 Westinghouse, B&W, ABB-CE중 B&W는 원전산업의 불황과 석면관련 소송으로 파산하였고 Westinghouse는 핵연료제조와 사용후 연료의 재처리사업을 수행하던 영국의 BNFL에 인수됨
- 이로서 전 세계 가압형 원자로(PWR) 시장은 AREVA와 BNFL로 대변되는 양극 체제로 재편됨
- 일본의 Mitsubishi는 Westinghouse와의 기술협력을 바탕으로 일본내 PWR 시장의 독점공급자가 된 이후 설계, 기자재공급, 원전서비스 및 핵연료제조에 이르는 원전 핵심사업 전문야에 대한 기능통합을 완료함
- 또한 Toshiba/Hitachi는 미국의 GE사와의 사업협력을 통해 일본의 BWR(비등수로형) 시장을 독점적으로 공급하게 되었고 이들 또한 Mitsubishi와 같이 동연관산업의 기능통합을 통해 시장에서의 입지를 확고히 함
- 아울러, Mitsubishi와 Toshiba/Hitachi등은 국내에서의 지속적인 원전건설과 일본 정부의 지원하에 PWR 및 BWR 설계기술의 자립을 달성하고 독자적인 Model을 개발할 수 있는 역량을 갖추게 됨
- 현재 원전시장의 구조는 크게 3기업집단으로 개편됨

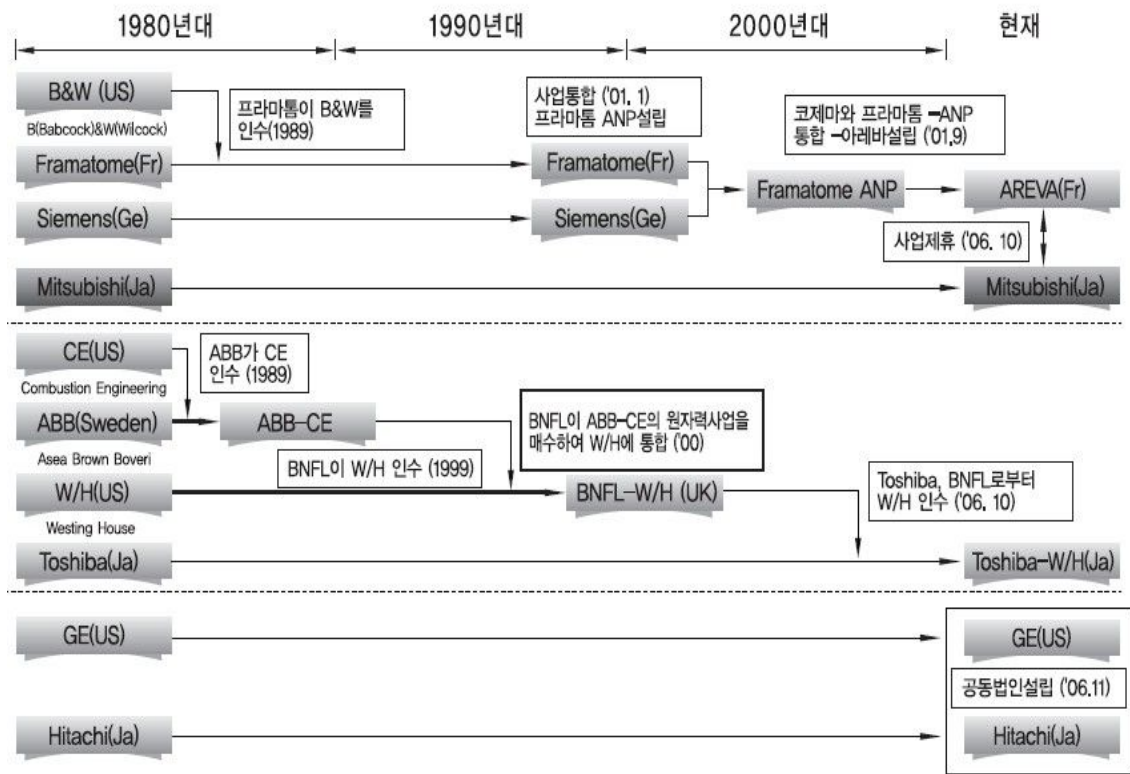
<주요 원전사업자간 M&A 및 제휴 연혁>

□ 도시바의 웨스팅하우스 인수(2006.10)
- 일본 도시바의 웨스팅하우스 인수로 본격적인 PWR 공급시장 경쟁 참여
□ 아레바-미쓰비시의 PWR 연대 구축(2006.10)
- 도시바의 웨스팅하우스 인수로 미쓰비시-웨스팅하우스 연대 파기
- PWR 시장에서 도시바-웨스팅하우스의 AP-1000에 공동 대응 및 견제 목적
- 아레바와 미쓰비시는 100만 kW급 APWR 공동 개발 추진 중
□ GE와 히타치의 원자력사업 제휴 협정(비등경수로(BWR7) 연대) 체결(2007.5)
- 양사는 미국, 캐나다, 일본에서 상호출자회사 설립
□ AECL의 중수로사업 컨소시엄'Team CANDU'구성(2006.3)
- AECL(주도), Bobcock & Wilcox, GE, Hitachi, SNC Lavalin Nuclear

<표 3-3> 해외 원전업체의 원전사업 구조

구분	종합 설계	계통 설계	기기 설계	기기 공급	BOP	핵연료	보수
Toshiba/ Westinghouse (일본/미국)	✓	✓	✓	✓		✓	✓
AREVA NP (프랑스)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
GE/Hitachi (미국/일본)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MHI (일본)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

<그림 3-3> 주요 원전 공급사의 시대별 M&A 과정



□ 원자로 사업체 현황

○ 원전 선진국(미, 프, 일 등)은 노형의 용량 격상, 경제성, 안전성 향상 등 지속적인 개량화 기술개발을 통해, 현재 3~3.5세대 노형의 사업 적용 가능(로드맵, 2008)

- 미국 WEC사는 '99년 AP600에 대해 설계인증을 받는데 이어, 경쟁력 확보를 위해 용량 격상한 AP1000의 설계 인증을 '06년 획득
- GE-Hitachi社は ABWR의 장점과 SBWR의 장점을 복합한 ESBWR (Economic Simplified BWR)을 개발하여 설계인증(DC) 인허가 신청
- 일본 MHI사는 1980년대부터 WEC사와 지속적인 공동연구개발을 통하여 1600MWe급의 APWR 개량화 완료
- 프랑스 AREVA社は EPR의 지속적인 개량화를 통하여 용량을 꾸준히 증가시켜 현재 1,600MWe급의 EPR 상업화 완료

<표 3-4> 각 분야별 사업자 현황

구 분	공 급 사	원자로명 (수준)	용량(MWe)
가압경수로 (PWR)	WEC(미)	AP1000 (3.5세대)	1,100
	AREVA(프)	EPR (3세대)	1,600
	Atom Stroy Export(러)	VVER (3세대)	1,000
	MHI(일)	APWR (3세대)	1,540/1,700
비등경수로 (BWR)	GE(미), Hitachi/Toshiba(일)	ABWR (3세대)	1,350
	GE(미)	ESBWR (3.5세대)	1,500
가압중수로 (PHWR)	AECL(캐)	CANDU-6 (2세대)	700
		ACR-1000 (3.5세대)	1,100

- 한국은 OPR1000(2.5세대), APR1400(3세대)을 축으로 최초 원전플랜트 해외 진출 추진

2) 수직계열의 심화

- 원전사업체들은 타 산업체와의 수평적 통합(선도기업간 M&A)이전에 수직적 통합을 통해 국내·외 원전관련 계열사들을 수직적으로 통합하였음

- 대표적으로 Areva는 프랑스내 원전관련 업체들을 통합하여 우라늄 채광에서부터 설계, 기자재제작, 원전서비스, 핵연료의 제조, 사용후 핵연료의 재처리 및 원전해체에 이르는 원전산업전 분야에 대한 기능통합을 달성함

- BNFL은 원전 기자재사업의 확대를 추진, ABB-CE의 원자력사업부문을 인수하여 원전설계에서 폐로에 이르는 원전산업 전분야를 영위하는 선도업체로서의 위치를 확고히 함

- 또한 러시아는 원자력 관련사 통합(AtomEnergProm) 추진을 통해 AtomStroyExport(해외수출), AtomEnergMash(원전건설), RosEnerg Atom(원전운영), Technabsexport(핵연료주기), TVEL(핵연료제조) 회사를 흡수 통합함

- 1978년 4월 고리 원자력 1호기가 가동됨으로서 세계 21번째의 원전보유국이 된 우리나라는 지속적인 원전 건설을 추진하여 현재 20기의 원전을 가동하고 있음

- 우리나라의 원자력 발전은 전체 전력의 35%를 차지하고 있으며, 현재 총 20기의 원자력 발전소를 가동하고 있으며, 건설중인 6기를 포함하여 오는 2016년까지

지 모두 8기가 추가 건설될 예정임

□ 우리나라의 원자력 관련 산업은 80년대 기술자립을 추진하기 위한 공기업위주의 분산된 산업구조를 가지고 있음

○ 공기업: 한전/한수원(원전 건설 EPC), KOPEC(원전설계), KNFC(원전연료), 한전KPS(유지, 보수)

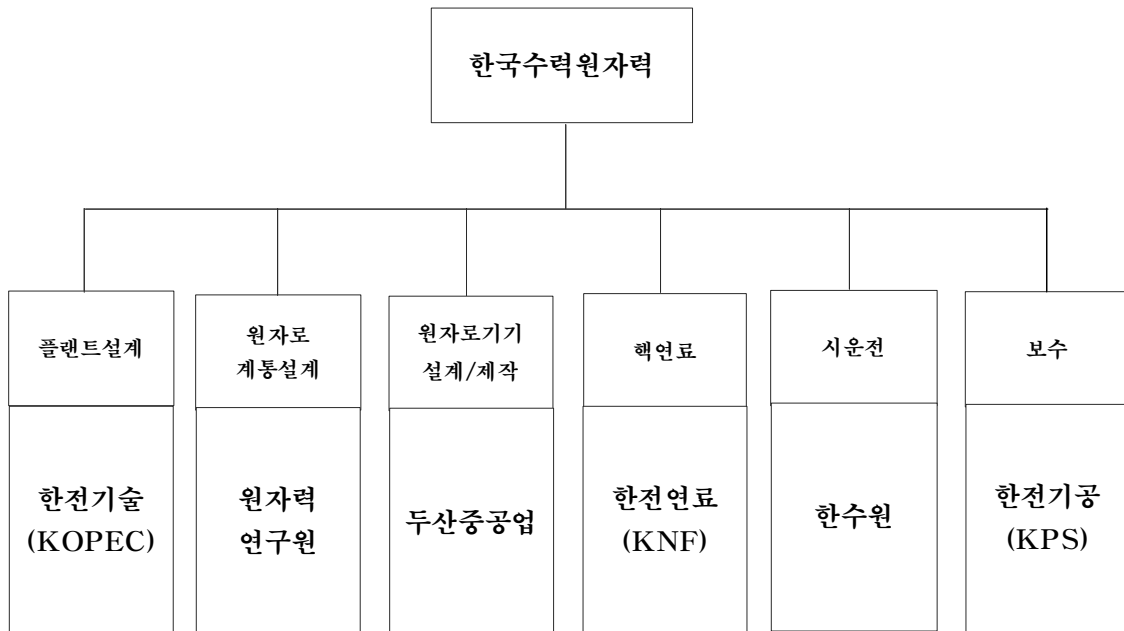
○ 민간기업: 두산중공업(설비), 현대건설 등(발전소 건설)

□ 고리1호기의 상업운전 후 부존자원이 부족한 우리나라는 연이어 원자력발전소를 건설하기 시작함

○ 이런 가운데 정부는 원자력발전 기술의 국산화를 위해 영광3,4호기를 대상으로 미국의 ABB-CE로부터 기술도입을 결정함. 당시 국내의 원자력산업 기반이 열악하여 특정기업을 통한 국산화가 어렵게 되자 제한된 기술인력으로 원전기술자립을 추진하기 위해 정부는 원자력산업 관련 기관별로 역무를 분할하여 기술도입을 하게 됨

○ 결국 종합설계는 한국전력기술(주)가, 계통설계분야는 원자력연구소(현재는 한기 SD)가, 기기설계 및 기자재 제작은 두산중공업(주)(구 한국중공업)이 그리고 핵연료 제조는 한전연료(주)가 기술이전을 받게 되므로써 현재와 같은 원전산업 다원화 구조를 정착시킴

<그림 3-4> 우리나라의 원전산업 구조



□ 결과적으로 당시의 부족한 Infrastructure를 극복하고 기술자립에 성공하였으나 이러한 다원화 구조가 국내 원전산업의 경쟁력 강화에 장애가 되고 있음

○ 국내원전산업 구조는 발전 운영사인 한수원을 중심으로 설계와 기자재, 핵연료, 시운전 및 보수가 서로 다른 기관에 의해 수행되고 있는 구조임

- 한수원은 원전건설에서 운영과 종합사업관리를 담당하고 있으며 건설 후 시운전역무를 주도하고 있음
- 한국전력기술(주)는 종합설계와 계통설계를 담당하고 있으며, 한전연료가 핵연료의 설계 및 제작을 수행하고 있음
- 원전의 유지보수는 한전기공이 담당하고 있음

<표 3-5> 우리나라 원전관련 사업체의 사업범위

구분	종합설계	계통설계	기기설계	기기제작	BOP	핵연료	서비스
한국	한기 AE	한기 SD	두산	두산	다수	한전연료	한기공

□ 플랜트 사업은 기술의 종합체라 할 수 있음. 이러한 플랜트 사업에 있어서 설계와 기자재 제작의 분리는 여러 가지 면에서 문제를 안고 있음

○ 원전 수출산업 경쟁력 강화 및 체계적 육성을 위한 산업구조 재편

- 경쟁국에 비해 수출에 비효율적인 국내 원전산업의 분산 구조

3) 기술별 지역분할 구조

□ 지역별 주요업체의 원자로 시장점유율

○ 웨스팅하우스가 전 세계적으로 시장점유율이 가장 높음(16.5%)

- 웨스팅하우스는 1960년대 초반부터 원전을 설계 및 건설하여 전 세계적으로 원전분야에서 1위를 80년대까지 유지함

○ 아레바는 웨스팅하우스 다음으로 세계시장 점유율이 높음(15.1%)

- Framatome과 Siemens가 합병하여 탄생한 아레바는 주로 서유럽(프랑스)을 중심으로 지배적인 원전공급자의 지위를 갖고 있음

- 역사적으로 아프리카와 긴밀한 관계를 갖고 있기 때문에 남아프리카 공화국에 원전을 거의 독점적으로 공급하고 있음

○ 미쓰비시/도시바/HITACHI등 일본업체는 아직까지 일본내에서만 원전을 건설해 왔음

- 그러나 미국 웨스팅하우스, GE와 합작 및 제휴를 통하여 기술력을 확보하고 세계시장에 진출하기 위한 교두보를 확보함

<표 3-6> 지역별 주요업체의 원자로 시장점유율

국가 공급업체	북아메 리카	남아메 리카	서유럽	일본	중국	대만	한국	동남아 시아	중동아 시아	동유럽	아프리카	총 합계
웨스팅하우스	39.3	16.7	7.8	7.3	0.0	33.3	30.0	0.0	0.0	1.5	0.0	16.5
아레바	0.0	0.0	46.5	0.0	18.2	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	100.0	15.1
GE	28.7	33.3	1.6	7.3	0.0	66.7	0.0	11.8	0.0	0.0	0.0	11.2
캐나다원자력 에너지	12.3	16.7	0.0	0.0	18.2	0.0	20.0	5.9	0.0	3.0	0.0	5.7
지멘스	0.0	33.3	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
미쓰비시	0.0	0.0	0.0	34.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3
도시바	0.0	0.0	0.0	30.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
HITACHI	0.0	0.0	0.0	18.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
Combustion Engineering	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
두산/한국전력 기술	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
두산/한국원자 력에너지연	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
러시아연방원 자력기구	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.8	0.0	7.3
인도원자력에 너지(주)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	76.5	0.0	0.0	0.0	3.0
기타	8.2	0.0	29.5	1.8	63.6	0.0	0.0	5.9	100.0	47.8	0.0	20.8
총합계	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

자료: IAEA 2009

○ 러시아 연방원자력 기구의 경우 원전보급은 동유럽에만 제공하고 있음

□ 연도별 주요 업체의 원전 건설 현황

○ 미국/캐나다의 원전 사업자들은 1960년대에서부터 1980년대 초까지만 원전 건설을 수행함

- 웨스팅 하우스, GE, CE, 캐나다원자력에너지(주) 등은 지난 30여년간 원전 건설 경험이 전무하지만, 원천기술은 아직까지 확보하고 있음

○ 일본 원전사업자들은 1970년대 초반에서부터 최근까지 원전건설을 꾸준히 수행하고 있음

- 도시바는 총 17개, 미쯔비시는 총 19개, HITACHI는 총 10개의 원전을 30년간 꾸준히 건설함

<표 3-7> 연도별 주요 업체의 원전 건설 현황

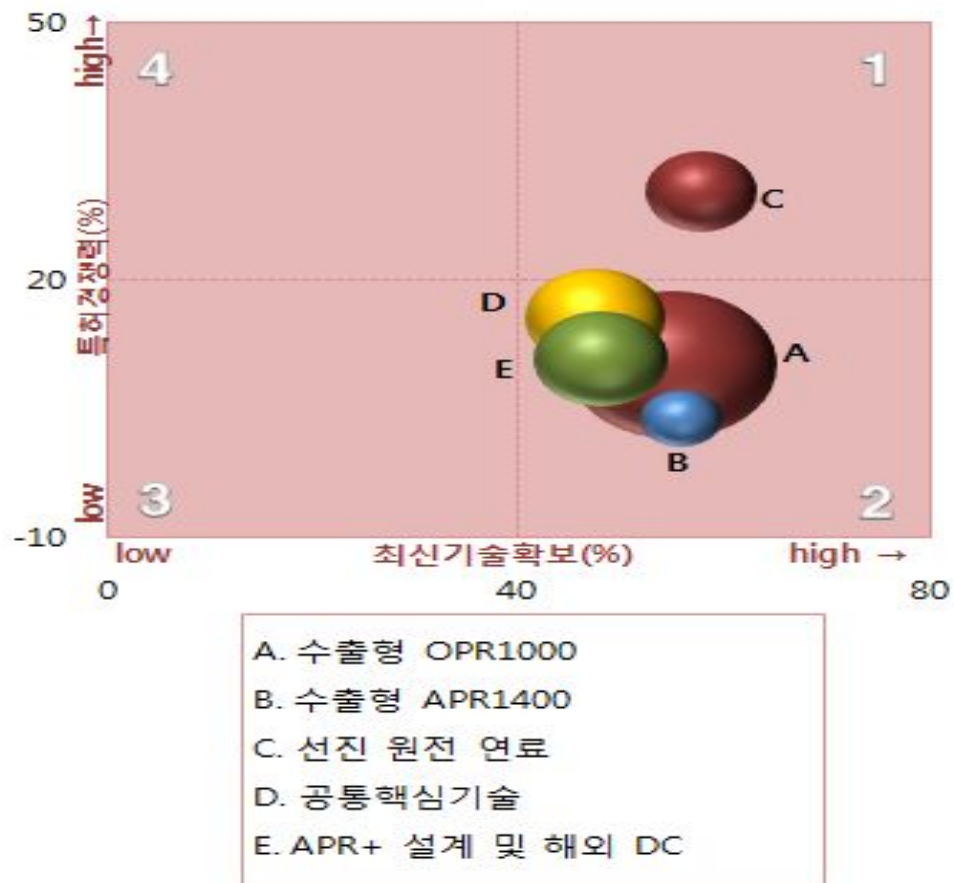
year	WH	아레바	CE	도시바	GE	HITA CHI	미쯔 비시	캐나다 원자력에 너지	두산/ KAERI	두산/ KOPEC	캐나다원 자력에너 지/두산
1962											
1963											
1964					3						
1965	1				1			1			
1966	2				4			1			
1967	5		1		7						
1968	9		2		5		1	1			
1969	4		2		1						
1970	6		2	1	4	1					
1971	3	1		1			2				
1972	6	2		1	4		1				
1973	7	1			6	1	1				
1974	5	4	3	1	4			2			
1975	10	10			2			2			
1976	4	6	3	1	4			2			
1977	2	5	1		3		1	1			
1978	2	5					1	2			
1979	2	9				1	1	2			
1980	2	6		2			1				
1981	2	2		1		1	2	1			
1982		4					1	2			
1983		3		1				1			
1984		3						1			
1985		1		1		2	2	1			
1986											
1987							1				
1988		1					2				
1989				2		1			1		
1990						1	1		1		
1991		1		1							
1992				1			1				1
1993						1				2	
1994											2
1996											
1997		2								2	
1998				1				2			
1999										1	
2000				2						1	
2001						1					
2002											
총합계	71	64	14	17	47	10	19	22	2	6	3

자료: IAEA 2009

4. 원자력 산업의 기술력 분석

1) 종합분석

<그림 3-5> 원자력 기술력 현황



○ 우리나라의 원자력 기술은 최근 개발이 활발한 편이나 글로벌 기술력 확보를 위한 특허경쟁력은 전반적으로 낮은 수준임

- 보유특허의 최신특허 비율 : 53%
- 3극특허비율 : 14%

○ 수출형 OPR1000은 최신기술확보와 경쟁력에서 양호한 수준

- 최신기술비율 48%, 특허경쟁력 62%
- “원전플랜트 종합설계 및 제작기술” “계통설계 기술” “기기설계 및 제작 기술” “원전 운전 최적화 기술” “핵연료 설계 및 제작기술”은 최신연구 비중과 특허경쟁력 모두 미흡한 영역에 집중

○ 수출형 APR1400은 특허경쟁력이 67%로 우수한 것으로 분석됨

- “원전 설계 핵심 코드” “EURATOM 안전규제 적용기술” “원자로냉각재펌프 (RCP)” “파일럿구동 안전 방출밸브(POSERV)” “원전 MMIS”의 특허군 모두 최신기술 및 경쟁력에 있어 미흡한 것으로 파악됨

○ 선진 원전 연료는 특허경쟁력이 70%에 이르는 높은 수준을 보임

- “안전해석코드”는 최신기술의 비중은 높으나 특허경쟁력이 상대적으로 낮은 분야로 나타남
- “노심설계코드”관련 특허군은 최신기술의 비중은 낮지만 특허경쟁력이 비교적 우수한 것으로 분석됨

○ 원자력 공통핵심기술은 전반적으로 최신기술확보 및 특허경쟁력이 우수한 것으로 분석됨

- 최신기술비율 46%, 특허경쟁력 63%
- “원전 복합모듈화 기술 개발”은 해당 특허수가 가장 많으며 특허경쟁력도 상대적으로 우수한 것으로 분석됨

○ APR+ 설계 및 해외 DC는 원자력 분야 중 가장 많은 특허가 존재하며, 최신 기술확보 및 경쟁력 모두 양호한 수준을 나타냄

- 최신기술비율 40%, 특허경쟁력 66%
- “초기노심 설계개선” “설계 종합 안정성 평가”의 특허군은 특허경쟁력이 우수하게 나타남

2) 주요 핵심 기술 분석

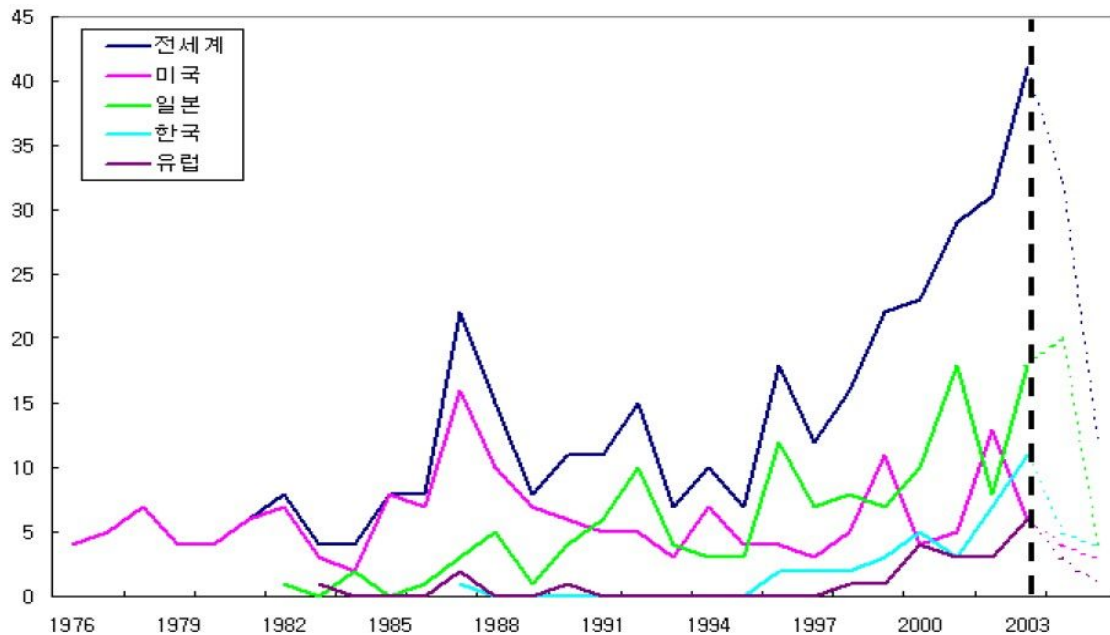
(1) 원전설계 핵심코드

가. 원전설계 핵심코드 분야의 특허의 연도별 동향

○ 전 세계적으로 지속적인 성장세 형성

- 원전설계 핵심코드 분야의 기술적 특성을 살펴보면, 전 세계적으로 출원 건수가 적으며, 연도별 출원건수의 기복이 있는 것으로 나타남
- 미국의 경우 '76년 ~ '87년도까지 등록건수가 매우 많으며 이후 다소 등록건수가 감소하였으나 지속적으로 등록건수가 조사되는 점으로 미루어 꾸준한 출원이 진행되고 있는 것을 알 수 있음, 미국이 원전설계 핵심코드 분야의 기술을 주도하고 있는 것으로 분석됨
- 일본은 '80년대 초부터 지속적으로 원전설계 핵심코드에 관련하여 출원이 증가하고 있는 점에 미루어 기업 또는 국가적인차원에서 지원이 뒷받침되고 있는 것으로 사료됨
- 한국의 경우 '90년대 초까지 한두 건 출원이 진행되었으나 '90년대 후반부터 출원이 증가하고 있는 것으로 조사됨

<그림 3-6> 전세계 연도별 출원건수 추이



※ 분석구간 : 한국, 일본, 유럽, '82-2004년, 미국- '76-2005년

※ 전 세계 : 한국, 미국, 일본, 유럽 특허건 수의 합계

나. 각국의 출원인 국적별 특허 점유율

- 한국 출원인의 점유율은 일본에서 1.5%(2건)이고 다른 나라로 출원(등록)된 것이 없음
 - 미국, 일본, 유럽에 비해 경쟁국에서의 활동이 저조한 것으로 조사됨
 - 한국인 자국 내에서도 한국 출원인의 점유율은 61.1%(22건)에 그쳐 미국 출원인이 미국 내에서의 점유율 73.3%(129건), 일본 출원인의 일본 자국 내에서의 점유율 84%(110건)와 비교하여 저조한 것으로 파악됨
- 미국 출원인의 점유율은 일본에서 13.7%(18건), 유럽에서 76.2%(16건), 한국에서 36.1%(13건)로서 단일국가로서는 분석 대상국가 중 주요국에서 가장 높은 특허 점유율을 차지하고 있음
 - 다만, 출원건수로 본다면 미국 출원인의 미국 자국 내에서의 출원건수(129건)에 비하여 일본 18건, 유럽 16건, 한국 13건은 출원건수가 적게 보임
- 일본 출원인의 특허 점유율은 미국에서 10.8%(19건), 유럽에서 9.50%(2건)이며, 미국 다음으로 주요국에서 높은 특허 점유율을 차지하고 있음

- 일본 출원인의 일본 자국 내에서의 특허점유율은 84.4%(110)건으로서 분석대상국가중에서 자국 내에서의 특허점유율 중 가장 높은 점유율을 보임
- 유럽 출원인은 미국에서 14.2%(25건), 한국에서 2.8%(1건) 및 일본에서 0.80%(1건)의 특허 점유율을 차지하고 있음
 - 유럽 출원인의 총 출원(등록)된 수는 27건으로서 적으나, 한국의 22건과 비슷한 수치면서도 한국 출원인보다 더 해외 경쟁국에서 활동하는 경향을 보임
- 미국 및 일본은 자국뿐만 아니라 해외 경쟁국에서 활발한 특허활동을 통해 높은 출원점유율을 차지하고 있어, 공격적이고 전략적인 권리수립 및 특허방어 전략을 펼치고 있음

<표 3-8> 각국에 출원(등록)된 출원인 국적별 특허건수

출원인국적 \ 국가	미국(등록)	일본	유럽	한국
미국	129 (73.3%)	18 (13.7%)	16 (76.2%)	13 (36.1%)
일본	19 (10.8%)	110 (84.0%)	2 (9.5%)	0 (0%)
유럽	25 (14.2%)	1 (0.8%)	2 (9.5%)	1 (2.8%)
한국	0 (0%)	2 (1.5%)	0 (0%)	22 (61.1%)
그 외 국가	3 (1.7%)	0 (0%)	1 (4.8%)	0 (0%)
전체	176 (100%)	131 (100%)	21 (100%)	36 (100%)

다. 전 세계 국가별 주요 출원인

- 원전설계 핵심코드 분야 주요 연구주체는 WestingHouse, General Electric Company 및 Toshiba사임
 - 각국의 주요 연구주체 상위순위(Top8내)를 살펴본 결과, 원전설계 핵심코

드 분야에서 전 세계에 특허출원(등록)이 가장 활발한 연구주체로는 미국 기업인 WestingHouse와 일본기업인 Toshiba인 것으로 나타남

- WestingHouse는 미국에 53건(1위), 한국에 6건(2위), 유럽에 5건(5위), 일본에 5건(8위)을 각각 출원(등록)한 것으로 나타나 미국을 주요 타겟 시장으로 하는 것으로 판단됨
- Toshiba은 자국인 일본외의 다른 국가의 다 출원 순위에는 포함되지 않았으며, 일본에 64건(1위) 출원(등록)하여, 일본 자국을 주요 타겟 시장으로 보고 있는 것으로 판단됨
- 국가별 기술혁신 리더로는 미국은 WestingHouse, 한국은 한국전력공사, 일본은 Toshiba, 유럽은 Global NuclearFuel-Americas,LLC 가 상위 1위를 차지함
- 한국은 주요 출원인 Top8에 한국전력공사, 두산중공업 주식회사, 한국 원자력 연구소, 한국 수력. 원자력 주식회사가 포함되고 있으며, WestingHouse를 제외하고는 상위를 차지하고 있음

<표 3-9> 전 세계 국가별 주요 출원인 Top8

순 위	미국		한국		일본		유럽	
	특허권자	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	Westing House (미국)	53	한국전력공사(한국)	10	Toshiba Corp(일본)	64	Global Nuclear Fuel-Americas, LLC(미국)	6
2	General Electric Company (미국)	25	Westing House (미국)	6	Hitachi LED	20	General Electric Company (미국)	5
3	The United States of America as represented by the United States (미국)	9	두산중공업 주식회사 (한국)	5	Global Nuclear Fuel-Americas, LLC(미국)	13	Westing House (미국)	5
4	Framatome (프랑스)	9	한국원자력 연구소(한국)	3	Mitsubishi Heavy Ind LTD(일본)	12	Framatome (프랑스)	2

5	Combustion Engineering, Inc. (미국)	9	한국수력원자력주식회사(한국)	3	General Electric Company (미국)	7		
6	Hitachi, LTD. (일본)	7	Global Nuclear Fuel-Americas, LLC(미국)	3	Nippon Atomic Ind Group Co (일본)	6		
7	Kabushiki Kaisha Toshiba (일본)	7	Framatome (프랑스)	2	Nuclear Fuel Ind LTD(미국)	6		
8	Siemens Aktiengesellschaft(독일)	6	-	13	Westing House (미국)	5		

라. 미국특허로 본 우리나라의 기술수준

- 미국등록특허에서 기술수준을 측정하는 3가지 지표(특허등록건수, 영향력지수(PII)¹⁶, 기술력 지수(TS)¹⁷)를 통해 국가별 분포를 살펴본 결과, 노심설계 분야에서 미국은 특허등록건수에서 모두1위를 차지하였으며, 기술력 지수(TS)에서는 '96~'99년에는 1위를 차지하였음
 - 미국은 영향력 지수(PII)에서는 최근에 2위에서 3위로 하락했으며, 기술력 지수에서도 1위에 2위로 하락하였으나, 미국은 노심설계 관련 기술 분야에서 양적 수준 및 질적 수준이 높은 것으로 나타남
- 안전해석 분야에서 미국은 특허 등록건수, 기술력지수(TS)에서 1위, 영향력지수(PII)의 경우, '96~'99년 1위에서 00~03년에 4위로 하락하였으나 안전해석 분야에서 주요대상국 중에서 양적수준 및 질적 수준이 높은 것으로 나타남
- 일본은 노심설계 분야에서 영향력지수(PII)에서 1위, 기술력지수(TS)에서 '00~'03년에 1위를 차지하였으므로 질적 수준이 높은 것으로 나타남

16) PII(영향력 지수, Patent Impact Index)란 특정특허권자의 특허가 이후 등록된 특허들에 의해 인용되는 회수의 평균값인 인용도지수(CPP)를 전체 피인용비로 나눈 상대적인 CPP를 나타내므로, 이 값이 클수록 상대적으로 그 이후에 인용이 많이 되었고 이후 특허에 영향을 많이 주었다는 의미, 즉 질적수준이 높다는 것을 의미함 (PII = 해당국가의 CPP/ 전체 CPP)

17) TS(기술력 지수, Technology Strength)란 영향력지수에 특허건수를 곱한 값으로 질적수준과 양적수준을 동시에 의미함 (TS = PII X 특허건수)

- 일본은 특허등록건수에서 순위변동은 없으나 증가하고 있는 것으로 나타남
- 일본은 안전해석 분야에서 특허등록건수, 영향력 지수(PII), 기술력 지수(TS) '96~'99년보다 '00~'03년에서 증가하였으며 최근에 양적 수준 및 질적 수준이 급격히 증가하는 것으로 판단됨
- 독일은 노심설계 분야에서 특허등록건수의 경우, '96~'99년에 2건에서 '00~03년에서 3건으로 증가하였으며, 영향력 지수(PII)도 0.31에서 0.95로 증가하였고, 기술력 지수(TS)도 0.63에서 2.84로 증가하고 있음
 - 독일은 노심설계분야에서 양적 수준 및 질적 수준이 점차 증가하고 있는 것으로 판단됨
- 독일은 안전해석 분야에서는 '96~'99년에서 '00~03년으로 가면서 특허등록건수는 2건에서 1건, 영향력 지수(PII)는 1.25에서 0.96으로, 기술력 지수(TS)는 2.50에서 0.96으로 감소하였음
 - 독일은 안전해석분야에서 양적 수준 및 질적 수준이 정체되어 있는 것으로 판단됨
- 한국은 단 한건도 인용되지 않은 것으로 나타났으며 다른 나라에 비해 질적 수준이나 양적 수준이 매우 낮은 것으로 분석됨

<표 3-10> 미국특허에서 국가별 기술수준 순위(노심설계)

특허등록건수				영향력지수(PII)				기술력지수(TS)			
'96~'99		'00~'03		'96~'99		'00~'03		'96~'99		'00~'03	
미국	9	미국	9	일본	2.2	일본	2.53	미국	7.83	일본	7.58
프랑스	2	독일	3	미국	0.87	독일	0.95	일본	2.22	미국	4.73
독일	2	프랑스	3	프랑스	0.62	미국	0.53	프랑스	1.25	독일	2.84
일본	1	일본	3	독일	0.31	프랑스	0	독일	0.63	프랑스	0

<표 3-11> 미국특허에서 국가별 기술수준 순위(안전해석)

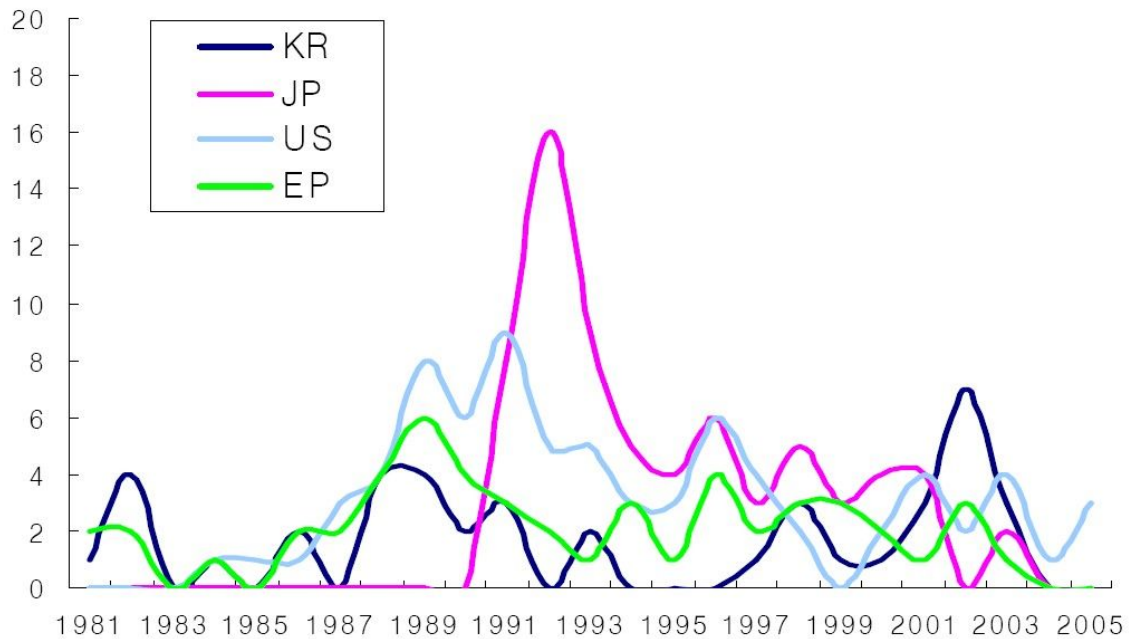
특허등록건수				영향력지수(PII)				기술력지수(TS)			
'96~'99		'00~'03		'96~'99		'00~'03		'96~'99		'00~'03	
미국	6	미국	6	미국	2.78	일본	1.20	미국	16.66	미국	6.23
독일	2	일본	2	독일	1.25	독일	0.96	독일	2.50	일본	2.39
프랑스	0	독일	1	프랑스	0	프랑스	0.96	프랑스	0	독일	0.96
일본	0	프랑스	1	일본	0	미국	0.89	일본	0	프랑스	0.96

(2) 원자로 냉각제펌프(RCP)

가. RCP 분야 특허의 연도별 동향

- 한국은 90년대 후반부터 성장세, 일본은 90년대 초반이후 감소
 - 한국, 미국, 일본 및 유럽의 RCP분야의 기술혁신 추이를 살펴보면, 한국은 80년대 후반이후 출원이 다소 침체되었으나, 90년대 후반에 들어서면서 증가추세에 있고, 미국과 유럽 역시 80년대 후반부터 90년대 초반 사이에 가장 많은 등록과 출원이 이루어졌으며, 이후 뚜렷한 하락 기조 없이 꾸준한 출원을 이어오고 있음
 - 90년대 초반 왕성한 특허출원 활동을 보이던 일본은 '95년 한차례 급락이후에도 꾸준한 출원을 이어오다 이후 감소하는 경향을 나타내고 있음

<그림 3-7> 연도별 출원/등록건수 추이



1. 분석구간 : 한국, 일본, 유럽- '81~2003년, 미국- '84~2005년

나. 각국의 출원인 국적별 특허 점유율

- 한국 출원인은 한국 특허를 제외한 타 국가에 대한 특허출원이 전무함
- 미국 특허권자의 점유율은 유럽에서 34.6%, 일본에서 5.8%, 한국에서 42.9%로 한국과 유럽에서의 점유율은 높게 나타나고 있으나, 일본에서는 다소 낮은 점유율을 나타냄
- 일본 출원인의 점유율은 미국에서만 점유율이 6.5%로 나타났고 전부 자국 내의 출원인 것으로 나타남
- 미국과 유럽은 자국뿐만 아니라 해외 경쟁국에서 활발한 특허활동을 통해 높은 출원점유율을 차지하고 있어, 공격적이고 전략적인 권리수립 및 특허 방어전략을 펼치고 있음

<표 3-12> 각국에 출원(등록)된 출원인 국적별 특허건수

출원인국적 \ 국가	미국(등록)	일본	유럽	한국
미국	36 (46.8%)	4 (5.8%)	18 (34.6%)	18 (42.9%)
일본	5 (6.5%)	63 (91.3%)	0 (0%)	0 (0%)
유럽	36 (46.7%)	2 (2.9%)	34 (65.4%)	14 (33.3%)
한국	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	10 (23.8%)
전체	77 (100%)	69 (100%)	52 (100%)	42 (100%)

※ 한국, 일본, 유럽 '81~2003년(출원년도), 미국 '84~2005년(등록년도)

다. 전 세계 국가별 주요 출원인

○ RCP 분야 주요 연구주체는 WESTINGHOUSE ELECTRIC, KSB사임

- 각국의 주요 연구주체 상위순위를 살펴본 결과, RCP분야에서 전 세계에 특허출원(등록)이 가장 활발한 연구주체로는 미국기업인 WESTINGHOUSE ELECTRIC, 독일기업인 KSB인 것으로 나타남
- WESTINGHOUSE ELECTRIC은 미국에 21건(1위), 유럽에 13건(2위), 한국에 17건(1위)을 각각 출원(등록)하고 있으며, KSB는 미국에 20건(2위), 유럽에 17건(1위)씩 출원(등록)을 한 것으로 나타나 미국과 유럽을 주요 타겟 시장으로 하는 것으로 판단됨
- 이외에 FRAMATOME, JEUMONT, GENERAL ELECTRIC 등이 한국, 미국, 유럽에 고르게 포진해 있으며, 일본의 경우 TOSHIBA와 HITACHI가 각각 31건, 24건으로 자국 내에서 상당히 독보적인 위치를 점하고 있음
- 국가별 주요 출원인으로는 미국과 한국은 WESTINGHOUSE ELECTRIC, 일본은 TOSHIBA, 유럽은 KSB가 상위 1위를 차지함
- 한국은 주요 출원인에 한국원자력연구소, 한국수력원자력, 한전기공 3개사 외에 WESTINGHOUSE ELECTRIC, JEUMONT이 상위를 차지함

<그림 3-13> 전 세계 국가별 주요 출원인

순 위	미국		한국		일본		유럽	
	특허권자	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	Westing House Electric (미국)	21	Westing House Electric (미국)	17	Toshiba (일본)	31	KSB (독일)	17
2	KSB (독일)	20	Framatome (프랑스)	8	Hitachi (일본)	24	Westing House Electric (미국)	13
3	Framatome (프랑스)	10	한국원자력 연구소(한국)	6	Aitel (일본)	4	Framatome (프랑스)	9
4	Flowserve (미국)	4	한국수력원 자력(한국)	5	Ishikawaji ma Harima Heavy Ind. (일본)	4	Jeumont (프랑스)	9
5	General Electric (미국)	4	한전기공 (한국)	4	Mitsubishi Heavy Ind.(일본)	3	General Electric (미국)	2
6	Hitachi (일본)	4	Andritz (오스트리아)	3	Hitachi Eng. (일본)	3	Ingersoll-Dr esser Pump (미국)	2
7	Jeumont (프랑스)	4	Jeumont (프랑스)	3	General Electric (미국)	3	Proto-Powe r(미국)	1

※ 한국, 일본, 유럽 '81~2003년(출원년도), 미국 '84~2005년(등록년도)

라. 미국특허로 본 국가별 기술수준

- 미국등록특허에서 기술수준을 측정하는 3가지 지표(특허등록건수, 영향력지수(PII), 기술력 지수(TS)를 통해 국가별 분포를 살펴본 결과, 미국은 특허등록건수는 '84년~'94년 1위에서 '95년~2005년 2위로 하락하였으나, 영향력 지수는 반대로 2위에서 1위로 상승하였으며 기술적 지수 분야에서는 모두 1위를 차지하여 양적수준과 질적 수준이 매우 높을 뿐 아니라 최근에는 질적 수준이 더욱더 상승한 것으로 나타남

- 독일은 특허등록건수가 '84년~'94년 3위에서 '95년~2005년 1위로 순위가 급격히 상승하였고, 양적수준 뿐 아니라 기술력 지수 또한 4위에서 2위로 상승하여 질적 수준도 많이 높아지고 있는 것으로 나타남

<그림 3-14> 미국특허에서 국가별 기술수준 순위

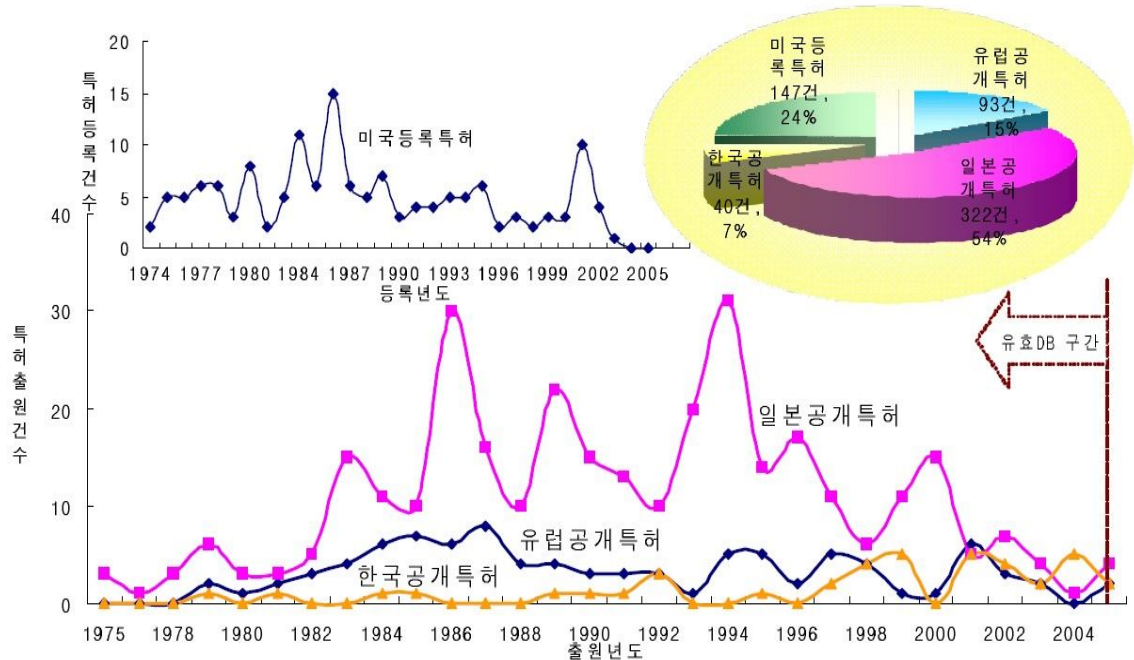
특허등록건수				영향력지수(PII)				기술력지수(TS)			
'84~'94		'95~'05		'84~'94		'95~'05		'84~'94		'95~'05	
미국	26	독일	15	일본	2.56	미국	0.73	미국	43.23	미국	7.27
프랑스	11	미국	10	미국	1.49	일본	0.40	프랑스	9.29	독일	5.25
독일	5	프랑스	4	독일	1.29	독일	0.35	일본	7.68	일본	0.81
일본	3	일본	2	프랑스	0.84	프랑스	0.00	독일	6.46	프랑스	0.00
스위스	1	스위스	0	스위스	0.00	스위스	0.00	스위스	0.00	스위스	0.00

(3) 원전 증기발생기 전열관

가. 원전 증기발생기 전열관 특허의 연도별 동향

- 원전 증기 발생기 전열관 분야 기술은 각 특허공보에서 90년대 중반까지 증가와 감소를 반복하다가, 모든 국가의 특허출원이 2000년대에 들어서 하락 추세를 보이고 있음
 - '원전 증기 발생기 전열관' 개발 분야 특허에서 일본특허는 90년대 중반까지 증가와 감소를 반복하다가 2000년대에 하락하고 있고, 미국등록 특허에서는 2000년대 초까지 특허출원이 활발하다가 최근 몇 년간 특허 출원이 없는 것으로 조사됨
 - '원전 증기 발생기 전열관' 개발 분야 특허는 일본공개특허가 54%로 가장 많으며, 그 다음에 미국등록특허 24%, 유럽공개특허 15%, 한국공개특허 7% 순으로 나타남
 - 한국은 대체적으로 출원 건수가 낮게 나타남

<그림 3-8> 원전증기발생기 전열관 분야의 전세계 출원(등록) 건수



※ 분석구간 : 한국,일본, 유럽특허~2005.12(출원년도), 미국특허~2007.12(등록년도)

나. 전 세계 국가별 주요 출원인

○ ‘원전 증기발생기 전열관’ 기술분야 주요 연구주체는 출원건수로 비교하면 미국 기업인 WESTINGHOUSE ELECTRIC와 일본 기업인 MITSUBISHI가 다수의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타났으며, 특히 WESTINGHOUSE ELECTRIC는 미국에 20건의 특허를 등록한 것을 포함하여 한국 유럽에 모두 상위 출원순위 TOP 10에 포함된 것으로 나타남

- 대부분의 특허 출원 동향을 살펴보면 유럽을 제외하고 자국 기업에 의한 특허 출원이 대부분이며, WESTINGHOUSE ELECTRIC, 한국전력공사, MITSUBISHI 가 주요 출원인으로 부각되고 있는 상태임
- 일본 기업인 MITSUBISHI는 자국에 88건을 출원하였으며, 미국과 유럽에도 상위 출원인으로 선정됨
- 국가별 기술혁신 리더로는 한국은 한국전력공사 한국원자력연구소, WESTINGHOUSE ELECTRIC가 상위권을 차지한 가운데, 그 중 한국원자력연구소는 미국에서도 특허 등록순위가 4위에 올라있는 상태이며, 일본은 MITSUBISHI, SUMIMOTO가 가장 많은 특허를 출원하였으며, 두

기업은 타 국가에도 많은 출원을 한 것으로 조사됨

- 유럽은 WESTINGHOUSE ELECTRIC, HITACHI, INCO ALLOYS INTERNATL INC와 같은 비유럽국적의 출원인들이 많은 특허를 출원한 것이 특징이며 유럽국적의 출원인으로는 FRAMATOME이 유일하게 미국, 한국에 여러 특허를 출원하였음

<표 3-13> 전 세계 국가별 주요 출원인 Top10

순 위	미국		한국		일본		유럽	
	특허권자	건수	특허권자	건수	특허권자	건수	특허권자	건수
1	Westing House Electric	20	한국전력공 사	8	Mitsubishi	88	Westing House Electric	15
2	Framatome	9	한국원자력 연구소	6	Sumitomo	36	Hitachi	7
3	Inco Alloys Internatl Inc	8	Westing House Electric	3	Toshiba	32	Inco Alloys Internatl Inc	7
4	Korea Atomic Energy Research Institute	7	Framatome	3	Hitachi	25	Mitsubishi	6
5	General Electric	6	Nippon Mining and Metals	2	Daido Steel	10	Framatome	5
6	Hitachi	6	두산중공업 주식회사	2	Kobe Steel	9	General Electric	5
7	Mitsubishi	6	한국과학기술 술원	2	Nippon Yakin Kogyo Co Lte	7	United Technologie s	4
8	Haynes Internatl Inc	5	한전기공 주식회사	2	Ishikawaji ma Harima Jukogyo Kabushiki Kaisha	5	Bbc Brown Boveri & Company	3
9	Sumitomo	5	United Technologie s	1	Inco Alloys Internatl Inc	4	Societe Nationale D'etude et ed Constructio n de Moteurs D'aviation. "S.N.E.C.M. A."	3
10	Cabot Corporation	4	Inco Alloys Internatl Inc	1	Ebara Corp	4	Sumitomo	3

1. 제 1출원인 기준

2. 분석구간: 한국, 일본, 유럽- 2005년(출원년도), 미국- 2007(등록년도)

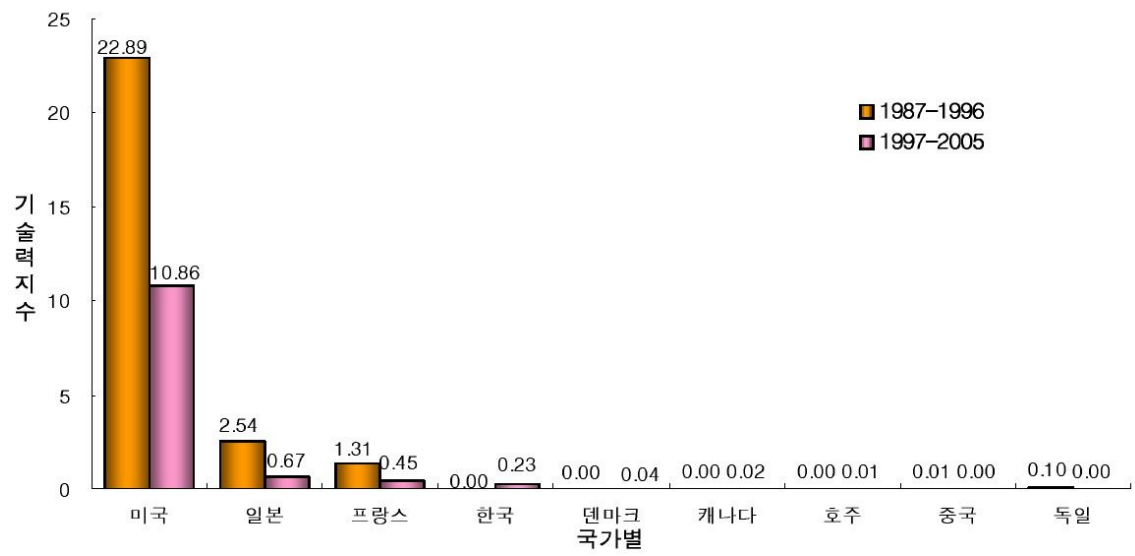
다. 미국특허로 본 국가별 기술수준

- 미국등록특허에서 기술수준을 측정하는 가지 3지표(특허등록건수, 영향력지수(PII), 기술력 지수(TS))를 통해 국가별 분포를 살펴본 결과, 미국은 특허등록건수, 영향력지수, 기술력지수 구간에서 모두 1위를 차지함
- 대부분의 국가들이 1987~1996년 보다 1997~2005년에 등록건수가 감소하였으나, 영향력지수와 기술력지수는 높아져 양적수준은 낮아지고 질적수준은 높아진 것으로 판단됨
- 원전 증기발생기 전열관 기술개발에서 한국과 호주를 제외한 모든 국가의 영향력지수(PII)는 순위에 관계없이 1987~1996년보다 1997~2005년에 전체적으로 낮아진 것으로 나타남
- 기술력 지수(TS)는 모든 국가의 순위에 관계없이 전체적으로 낮아졌지만 한국, 덴마크, 캐나다가 1987~1996년 보다 1997~2005년에 소폭 높아진 것으로 나타남

<그림 3-9> 미국특허에서 국가별 기술수준 순위

특허등록건수				영향력지수(PII)				기술력지수(TS)			
'87~'96		'97~'05		'87~'96		'97~'05		'87~'96		'97~'05	
미국	40	미국	17	미국	0.57	미국	0.64	미국	22.89	미국	10.86
일본	13	일본	7	일본	0.20	프랑스	0.11	일본	2.54	일본	0.67
프랑스	8	프랑스	4	프랑스	0.16	일본	0.10	프랑스	1.31	프랑스	0.45
독일	2	한국	3	독일	0.05	한국	0.08	독일	0.10	한국	0.23
스위스	1	호주	1	중국	0.01	덴마크	0.04	중국	0.01	덴마크	0.04
중국	1	캐나다	1	스위스	0.00	캐나다	0.02	스위스	0.00	캐나다	0.02
이탈리아	1	스위스	1	이탈리아	0.00	호주	0.01	이탈리아	0.00	호주	0.01
호주	0	독일	1	호주	0.00	스위스	0.00	호주	0.00	스위스	0.00

<그림 3-10> 국가별 기술영향력의 구간별 추이 비교



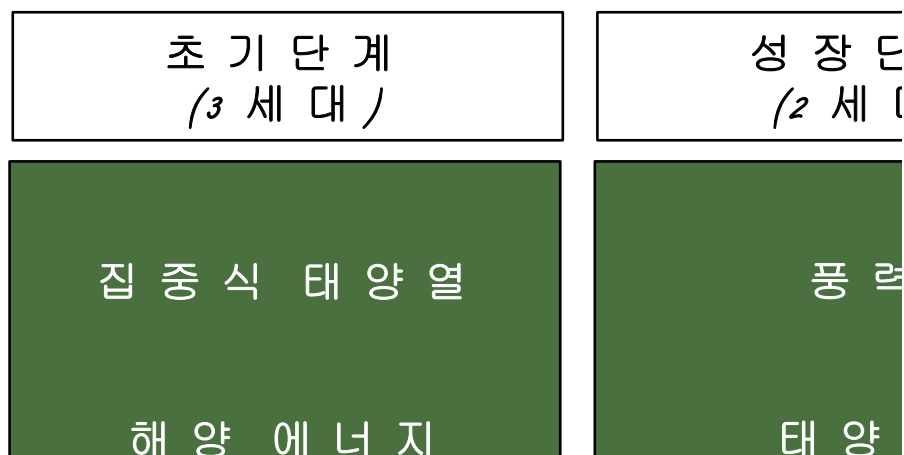
제 2절 풍 력

1. 풍력발전의 개요

1) 풍력발전의 현황

- 풍력발전은 바람의 힘을 회전력으로 전환시켜 발생하는 전력을 전력계통이나 수요자에 직접 공급하는 기술로, 풍력발전 시스템이란 다양한 형태의 풍차를 이용하여 바람 에너지를 기계적 에너지로 변환하고, 이 기계적 에너지로 발전기를 구동하여 전력을 얻어내는 시스템
- 주요 구성 요소로는 Blade, Shaft, Rotor, Gearbox, Brake, Pitching & Yawing System 등 기계장치부, 발전기 및 기타 안정된 전력을 공급하도록 하는 전기장치부, 풍력발전기의 무인운전이 가능토록 하는 원격제어 장치 및 지상에서 시스템 상태를 점검하는 모니터링 장치 등 제어장치부로 구성
- 풍력발전은 재생에너지 중에서 가장 경제성이 높은 에너지원으로 중공업 분야를 중심으로 큰 고용효과를 가지며, 주로 풍력발전기 설계, 제작과 풍력 자원 개발 분야를 중심으로, 항공, 전기, 전자, 기상, 재료, 토목, 해양 등 광범위한 산업 분야와 연계

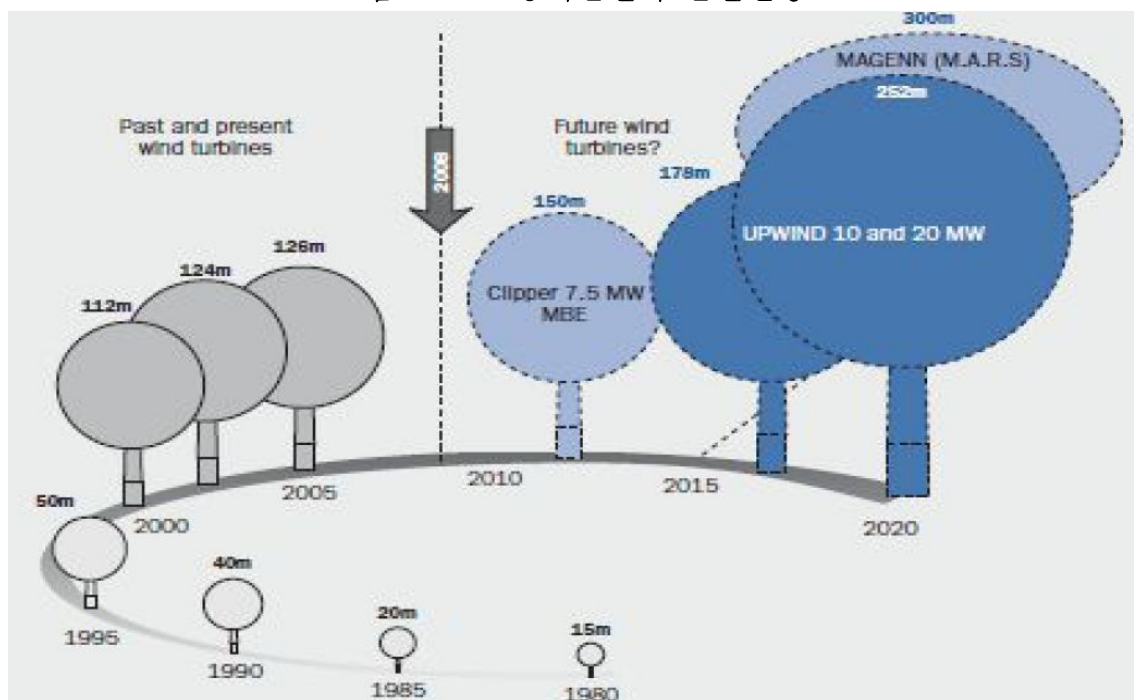
<그림 3-11>신재생 에너지원별 기술발전 단계



자료: IEA, Renewable Energy: RD&D Priorities, 2006.

- 초기의 풍력발전기는 규모가 매우 작아서 로터블레이드의 크기가 수 미터에서 수십 미터에 불과하였으나, 최근에는 규모의 경제를 실현하기 위하여 100m이상의 로터블레이드를 가진 발전기가 상용화되었음
- 이로 인해 로터블레이드가 회전하는 반경 면적은 1970~80년대에 비하여 20배 이상 증가하였으며, 10배 이상의 비용감소를 달성할 수 있게 되었음
- 일반적으로 1980년대에 발전단가가 400원/kWh수준이었으나, 현재 효율이 매우 좋은 풍력발전기는 40원/kWh수준으로 LNG 발전이 80~120원/kWh인 것으로 고려한다면 LNG보다 발전단가가 저렴한 것으로 나타나고 있음

<그림 3-12> 풍력발전기 발전현황



출처: Garrad Hassan, GWEC 재인용

- 풍력발전은 초기 투자비용이 많이 들어가기 때문에 고정비용을 고려한다면 높아 지겠지만 대체에너지 중에서 기존의 화석연료 발전에 비교할만한 대안으로 볼 수 있음

○ IWEA에서는 2009년 최근 발전소별 운영비용(Operating cost)이 핵발전이 182센트/kWh, 석탄발전이 213센트/kWh, 천연가스발전이 369센트/kWh인 반면 풍력발전은 100센트/kWh로 파악하고 있음

○ EU에서는 2015년이면 전기발전 단가가 석탄을 이용하는 경우 82€/MWh, LNG101€/MWh로 전망하고 있으나 풍력의 경우에는 75€/MWh로 전망하여 석탄화력발전보다 더 저렴해질 것으로 보고 있으며, 2030년에는 68€/MWh까지 하락할 것으로 예상하고 있음

□ 풍력발전기는 시스템의 형태에 따라 수직축 풍력발전기와 수평축 풍력발전기로 구분

○ 수직축 풍력발전기는 로터의 형태에 따라 H-형과 다리우스형으로 분류되고 1980년대 후반까지 연구개발이 활성화되었으나 상용화에는 실패

○ 반면 수평축 풍력발전기는 현재 세계 풍력발전기 시장의 대부분을 차지

<그림 3-13> 풍력터빈형식 비교

	수평축 풍력터빈	수직축 풍력터빈
설명	회전축이 바람의 방향에 대해 수평인 시스템으로 타워와 로터의 위치에 따라 맞바람 형식(upwind type)과 뒷바람 형식(downwind type)으로 구분됨	회전축이 바람의 방향에 대해 수직인 풍력 발전 시스템 실용화(상용화)된 대형 시스템 없음
장점	맞바람형식 : 타워에 의한 풍속의 손실없음, 풍속변동에 의한 피로하중/소음 적음 뒷바람형식 : 요잉시스템 불필요, 타워와 로터 충돌을 피할 수 있음, 타워의 하중감소, 저렴한 가격으로 인해 주로 소형 풍력발전기에서 사용	바람의 방향에 관계없이 운전가능 (요잉 시스템 불필요) 증속기 및 발전기가 지상에 설치됨
단점	맞바람형식 : 요잉 시스템이 필요하여 시스템 구성이 복잡해짐, 로터와 타워의 충돌을 고려한 설계 필요 뒷바람형식 : 타워에 의한 풍속의 손실 발생/풍속의 변동이 큼, 터빈의 피로하중 및 소음증가, 전력선이 꼬일 수 있음	시스템 종합 효율이 낮음 자기동(self-starting) 불가능, 시동 토크 필요 주 베어링의 분해 시 시스템 전체 분해 필요 넓은 전용 면적 필요
비고		

자료: 2009(손충열)

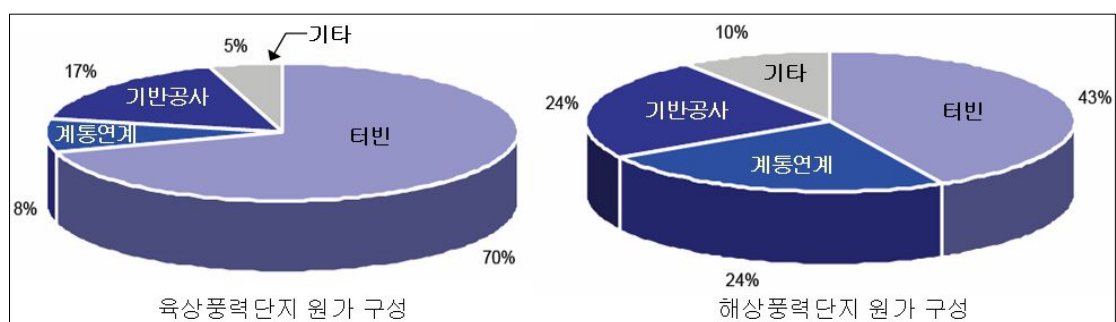
□ 풍력은 발전기의 설치 위치에 따라서 육상풍력과 해상풍력으로 구분할 수 있음

□ 대단위 풍력발전단지 건설은 육지에서는 한계가 있어 해상으로 이동하고 있음

- 해상풍력발전 시스템은 장애물감소로 풍속이 육지보다 20% 증가하여 출력이 40% 증가하는 장점이 있어 건설비용을 상쇄할 수 있으며, 수십만 kW 출력이 가능한 대규모발전단지가 가능하여 규모의 경제를 실현할 수 있음
- 또한 육상의 부족한 부지문제 및 환경소음을 해결할 수 있고, 육상에서 이송하기 어려운 60m 이상의 대형발전기 날개를 이용할 수 있는 장점이 있음
- 그러나 건설비용이 증가하고 유지보수 비용이 증가되며 시각적인 측면에서 영향을 줄 수 있다는 것이 단점(바닷바람에 의한 부식과 높은 유지·관리 비용)
- 철강 등 원자재 가격의 급상승도 풍력발전의 성장에 장애요소임(풍력터빈 가격은 철강 등 금속가격과 매우 밀접)
- 환경문제나 지역단체의 반발과 같은 문제를 피할 수도 있기 때문에 풍력발전이 화석연료 발전소에 비하여 성장가능성이 높고, 특히 설치 지역 한계를 극복할 수 있는 해상풍력발전은 더욱 발전할 것으로 전망됨

□ 향후 발전가능성이 높은 해상풍력발전은 수심에 따라서 지지되는 부분이 다양한 형태를 띠게 되며 이는 해양플랜트의 지지구조물과 유사한 형태를 보임

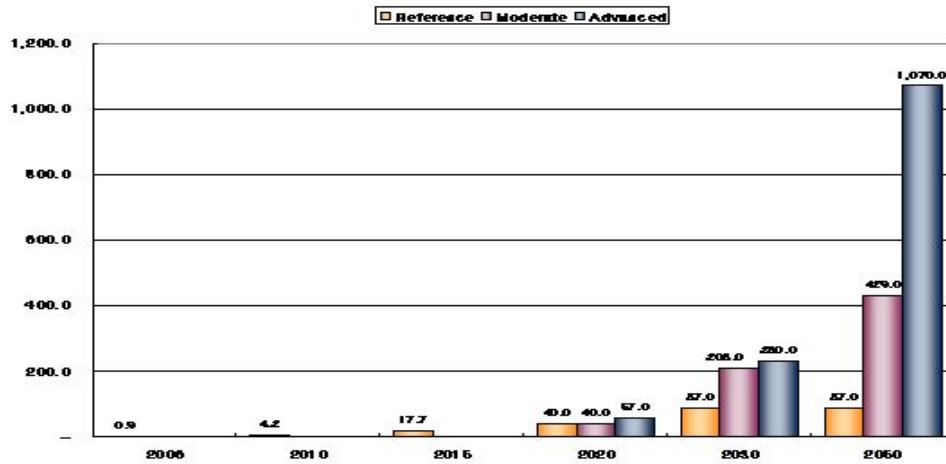
<그림 3-14> 육상풍력과 해상풍력의 원가구성 비교



자료: Dexia, Alternative Energies: Take Offshore, 2007.11

□ 해상풍력은 육상풍력에 비하여 풍력자원이 뛰어나고 풍력터빈의 대형화를 통한 효율성 증가 등 많은 장점을 가지고 있음

<그림 3-15> 세계 해상풍력 누적설치 추이



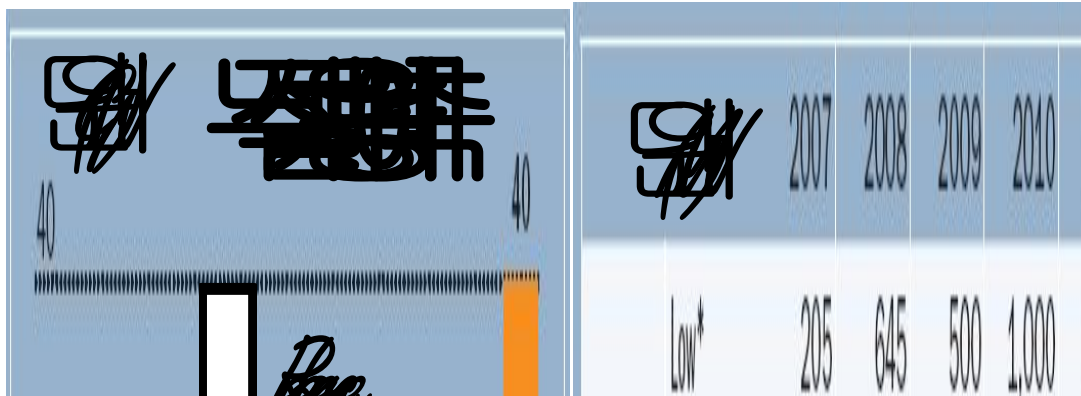
자료: IEA, Energy Technology Perspective 2008, 20071203

BWEA, UK Offshore Wind: Moving up a gear, 2007

Joren Lemming, Offshore Wind Power Experiences, Potentials and Key Issues for Deployment, IEA & Danish Ministry of Foreign Affairs Workshop, 20071203

- 바람이 빠르고 지속적이어서 Load Factor를 증가시킬 수 있음
- 풍력터빈의 물류에 대한 제한이 적어 풍력터빈과 풍력단지의 대형화 가능
- 해상풍력은 2015년 경 설치가 본격화되어 2030년에는 신규 설치량의 약 1/3을 차지할 것으로 예측
- 유럽은 해상풍력 분야의 선두를 달리고 있으며, 2020년에는 해상풍력 규모가 20~40GW에 이를 것으로 전망됨

<그림 3-16> EU의 해상풍력 개발 목표



자료: EWEA, Delivering Offshore Wind Power, 2008

<표> 유럽의 대표적 해상풍력단지 건설 현황

Project name	Costs (€/kW)	MW	Hours	Capacity Factor	Distance coast
Butendiek (GE)	2,000	240	3,300	37.7%	34km
Horns Rev (DE)	1,900	160	3,820	43.6%	14-20km
Thornton Bank (BE)	2,667	300	3,460	39.5%	27-30km
Borkum West (GE)	2,300	1,000	4,300	49.1%	45km
Q7-WP (NL)	3,192	120	3,580	40.9%	23km
Borkum Riffgrund (GE)	1,736	576	3,646	41.6%	38km
Thanet Offshore (UK)	2,417	300	3,700	42.2%	11km
Eldepasco (BE)	2,778	216	3,403	38.8%	37-38km
Belwind (BE)	2,424	300	3,636	41.5%	46-48km
Average	2,336	315	3,574	40.8%	31km

자료: Dexia, Alternative Energies: Take Offshore, 200711

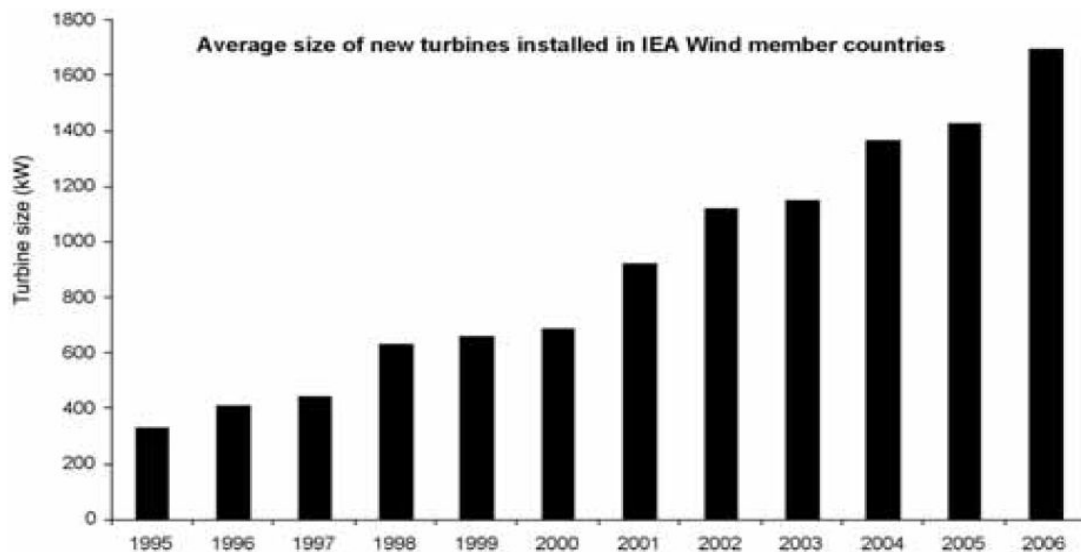
- ☐ 미국은 2개 프로젝트가 허가 단계이며, 최대 908GW의 해양풍력 잠재량을 갖고 있는 것으로 평가
- ☐ 해상풍력의 확산을 저해하는 요인들이 다수 존재하고 있음
 - 육상풍력보다 높은 발전 단가와 내구성 등의 단점
 - 바닷바람에 의한 부식과 높은 유지, 관리 비용
 - 전력망 연계를 위한 시설투자비 증가

- 발전단가가 하락하는 것은 규모가 더욱 커지고 발전효율이 높은 장소에 대단위 발전단지(WindFarm)가 세워지기 때문임

2) 풍력발전 산업구조

- 풍력단지의 대형화와 함께 Wind Farm Owner들이 중요한 Player로 등장
- 기존 풍력발전 시스템 업체가 풍력단지 개발까지 수행했으나 최근에는 시스템 업체는 풍력 발전기만을 제공하고, 대형 전력회사들이 자금력을 바탕으로 풍력 단지 개발에 적극적
- 풍력 터빈은 점점 대형화 되어가는 추세

<그림 3-17> 풍력터빈 평균 용량의 추이



자료: IEA Wind Energy Annual Report 2006, 200607

- 2000년 기준 평균 터빈 용량은 700kw 정도였으나, 2006년 평균 터빈 용량은 17MW로 증가(터빈용량이 클수록 발전용량은 높아지며 건설 단가는 내려감)
- 독일, 덴마크 등 풍력선진국은 풍력자원의 효율을 높이기 위하여 기존 풍력단지의 풍력터빈을 대형으로 교체하는 Re-powering을 진행 중임

□ 설치장소에 따라 자연환경이나 기반시설 등이 다양하기 때문에 용량대별로 적합한 시장이 존재할 것임

○ 750KW미만은 빠르게 감소하여 향후 시장에서 퇴출될 것으로 전망

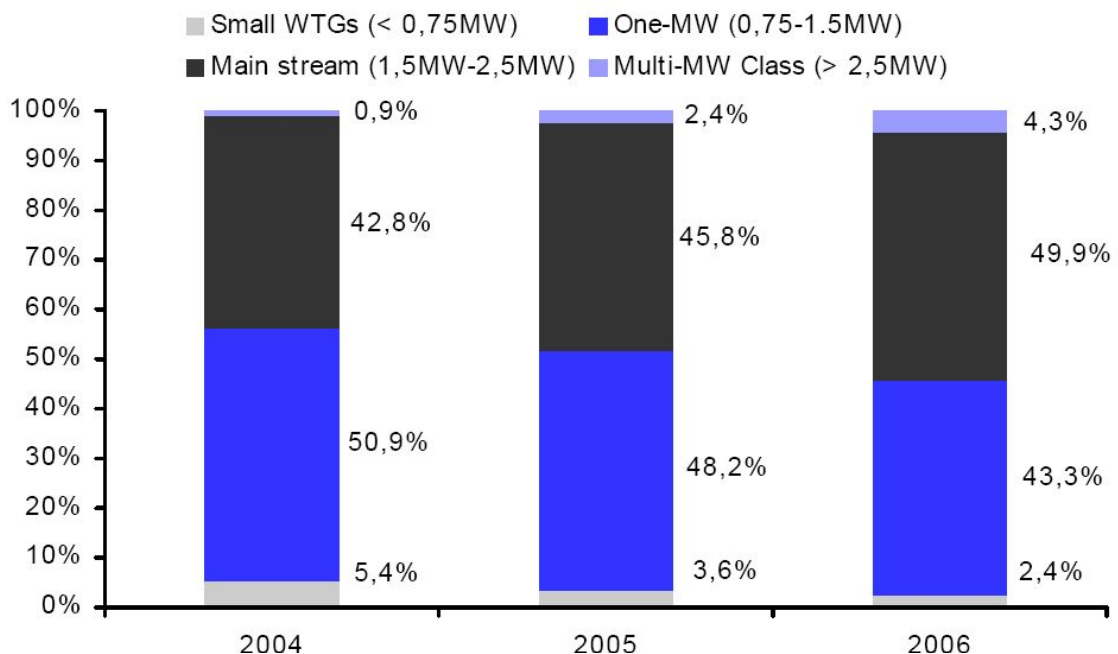
○ 075~1MW 급은 현재 점유율이 지속적으로 하락중이지만, 가격 경쟁력을 바탕으로 주로 개도국을 중심으로 수요가 지속될 것으로 예상됨

○ 15~25MW의 주류 터빈은 현재 시장의 50% 정도를 차지하고 있으며, 향후에도 지속적인 시장성장이 예상됨

○ 25MW 이상의 Multi-MW 급은 급성장 중에 있으며, 향후 해상풍력의 진출과 더불어 자연스럽게 성장할 것으로 예상

○ 15~25MW의 주류 터빈과 25MW 이상의 Multi-MW 급이 향후 시장을 주도할 것으로 예상

<그림 3-18> 터빈 용량별 설치량 추이



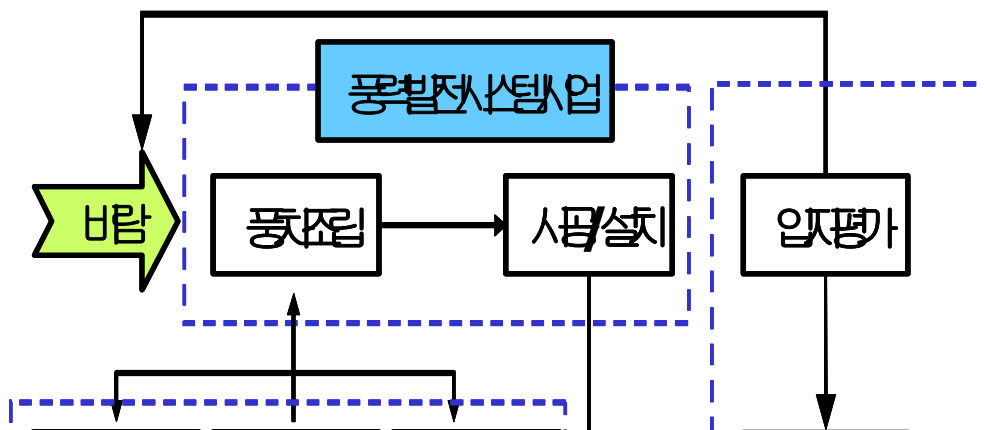
자료: Deutsche Bank, European Wind Energy: A high growth industry, 200710

□ 전통적인 풍력 강국에서는 육상 풍력의 성장이 둔화됨에 따라, 육상풍력단지의

대형화(Repowering)와 해상풍력으로의 진출을 추진하고 있음

- 해상풍력은 2010년 이후 본격화될 것으로 예상되며, 2020년 전후하여 그린에너지 중 가장 강력한 시장을 형성할 것으로 예상됨
 - 발전효율, 적절한 풍황 확보 등의 이유로 관심이 높아짐
 - 부식 등의 기술적 문제와 높은 유지관리비, 전력망 연계 등의 이유로 본격적인 증가까지는 다소 시간이 소요될 것으로 전망됨
- 풍력이 유망한 그린 에너지원으로 각광을 받고 있지만 성장을 저해하는 여러 요소가 현실적으로 존재함
 - 전력망과의 연결이 가장 중요한 이슈
 - 제한적인 풍력 유망지
 - 가혹한 환경에서는 풍력발전이 어려움
 - 풍력터빈의 공급 부족 등
- 풍력발전 산업은 부품·기자재 - 풍차조립 - 설치·시공 - 입지평가 및 발전단지 개발 - 발전서비스의 가치사슬로 이루어진 구조

<그림 3-19> 풍력발전 가치사슬과 주요 사업 영역

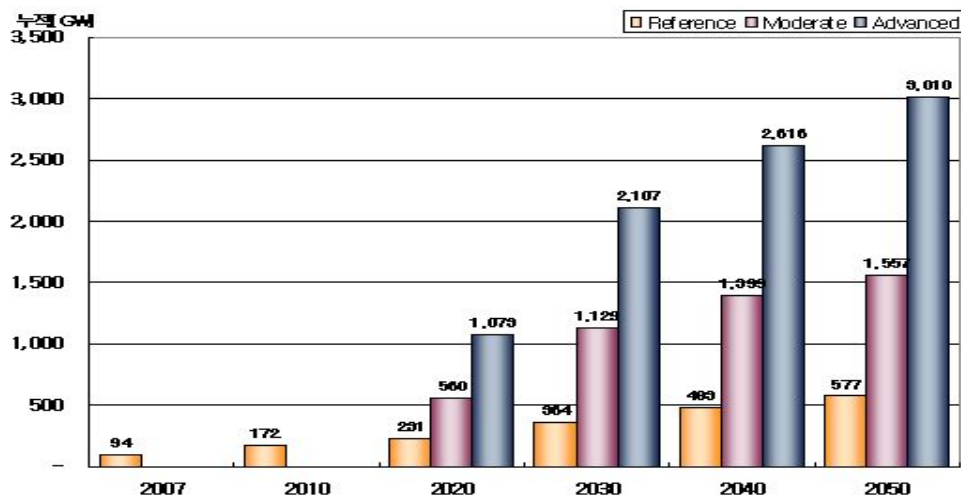


- 부품·기자재 부문은 발전기를 구성하는 로터 블레이드, 기어박스, 타워 등의 부품과 발전소 건립에 필요한 기자재를 생산, 공급
 - 풍차조립 부문은 부품을 조립하여 풍력발전 시스템을 제작
 - 설치·시공 부문은 발전소 건립을 위한 엔지니어링, 건설 등을 수행
 - 발전단지 개발은 입지를 선정하여 풍력발전 단지를 조성
 - 풍력 서비스는 발전소의 운영 및 전력제공 등을 담당
- 풍력발전 시스템 기업은 각종 부품을 조립하여 풍력터빈을 생산하고 관련 기자재를 소싱하여 풍력발전 시스템을 설치
- 풍력 서비스는 발전소의 운영 및 전력제공 등을 담당

2. 세계 풍력발전 시장의 현황 및 수요전망

- 세계 풍력발전 시장은 지속적으로 고성장을 통하여 2050년 최대 3,000GW(누적 기준)에 달하는 시장을 형성할 것으로 예상됨

<그림 3-20> 시나리오별 세계 풍력발전 설치용량 (누적)



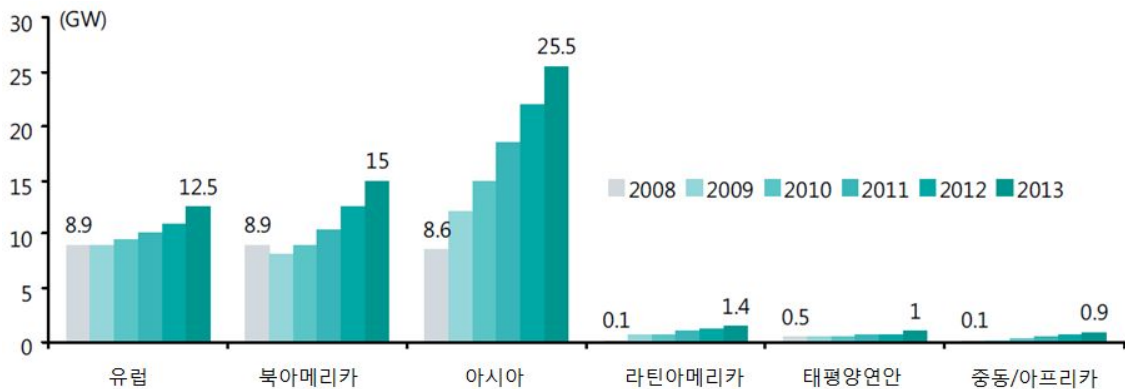
자료: GWEC, Global Wind Energy Outlook 2006, 2006, 09

GWEC, Global Wind 2007 Report, 2008

IEA, Energy Technology Perspective 2008, 2008 등을 참조하여 작성

- 누적설치량은 2005년 591GW, 2006년 742GW, 2007년에는 94GW
 - 풍력발전 시장규모는 2006년 €180억(155GW), 2007년에는 €250억(201GW)
 - 향후 5년간(2008~2012) 연평균 성장률은 19%로 예상 (누적기준)
 - 2012년 풍력발전 설비 시장규모는 €329억으로 예상
 - 장기적으로 2030년까지 10%내외의 지속적인 성장 예측
 - GWEC는 기술발전 속도나 사회적 수용 정도에 따라 3가지 시나리오별로 목표치를 제시하였음 Moderate 시나리오에 의하면 2030년 풍력발전 시장규모는 연간 106GW(€820억)으로 예상
- 지역별로 시장을 분석해 보면, 유럽이 시장을 선도하고 있으며, 북미와 아시아에서 신흥 풍력 국가가 부상하고 있음

<그림 3-21> 지역별 풍력시장 현황

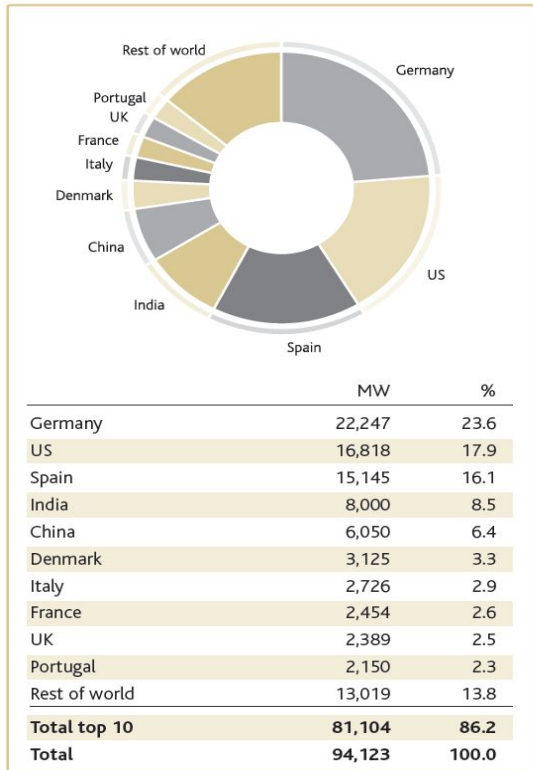


- 유럽은 세계 풍력발전의 65%를 차지하는 Market Leader 역할을 수행
- 전통적인 풍력 국가인 독일, 스페인, 덴마크 등 전통적인 풍력 강국에서 육상풍력의 성장둔화
- 유럽은 2020년까지 에너지의 20%를 재생에너지로부터 얻는 목표를 세우고 노력하고 있음

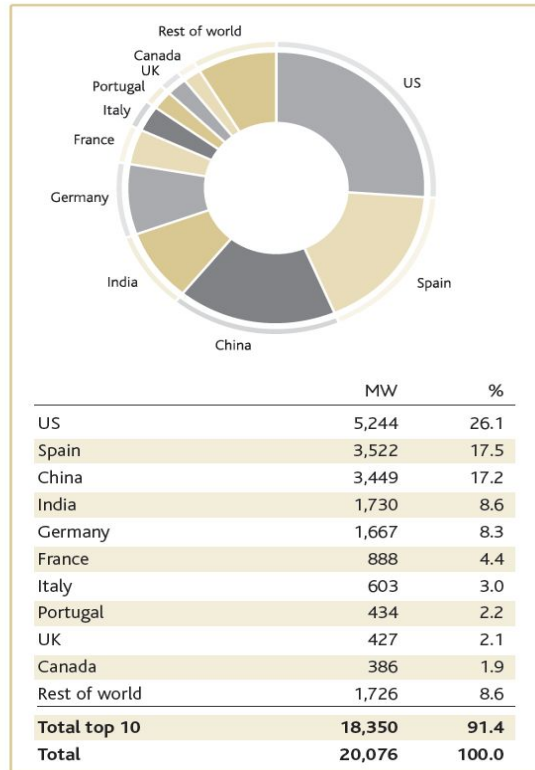
- EWEA프로젝트는 EU-27에 2010년까지 풍력발전을 80,000MW 수준까지 설치하려는 노력을 하고 있음
- EWEA에서는 풍력에너지 투자가 2015년까지는 연간 100억 유로 수준을 유지하겠으나 점차적으로 해양풍력발전 비중이 높아질 것으로 전망함
- 2030년까지 점차적으로 해양풍력발전 투자가 커져서 연간200억유로 수준으로 증가할 것으로 전망됨
- 미국, 인도, 중국, 프랑스, 캐나다 등이 신흥 시장으로 부상 중
- 미국은 최대 풍력발전 설치국으로 부상하고 있으며, 풍력터빈 생산과 수출에 있어서도 선두 그룹으로 부상
- 인도는 산업적 특징과 정부의 활발한 지원, 민간의 적극적인 투자를 바탕으로 풍력산업이 성장하고 있음
- 중국은 풍력 시장을 대규모로 확장하여 외국 자본과 기술을 유치하고, 이를 바탕으로 자국 기업의 경쟁력을 강화시키고 있음

<그림 3-22> 풍력발전 설치 상위국 현황

TOP 10 TOTAL INSTALLED CAPACITY



TOP 10 NEW CAPACITY



자료: GWEC(Global Wind Energy Council), Global Wind 2007 Report, 200812

3. 풍력 산업 및 경쟁구조 분석

1) 세계 풍력시장의 과점화

- 풍력발전 산업의 경우 원자력과 마찬가지로 주요 기업들이 과점현상을 보이고 있음
- 세계 풍력발전 주요 제조업체는 Vestas, Gamesa, Enercon, Siemens, Acciona 등 주요 유럽제조업체들과 미국의 GE Wind, 인도의 Suzlon, 중국 Goldwind, Sinovel, 일본의 Mitsubishi등 임
- 이들 주요 12개 업체는 2007년 기준으로 세계시장의 95.3%를 차지하여 대부분의 시장을 장악함

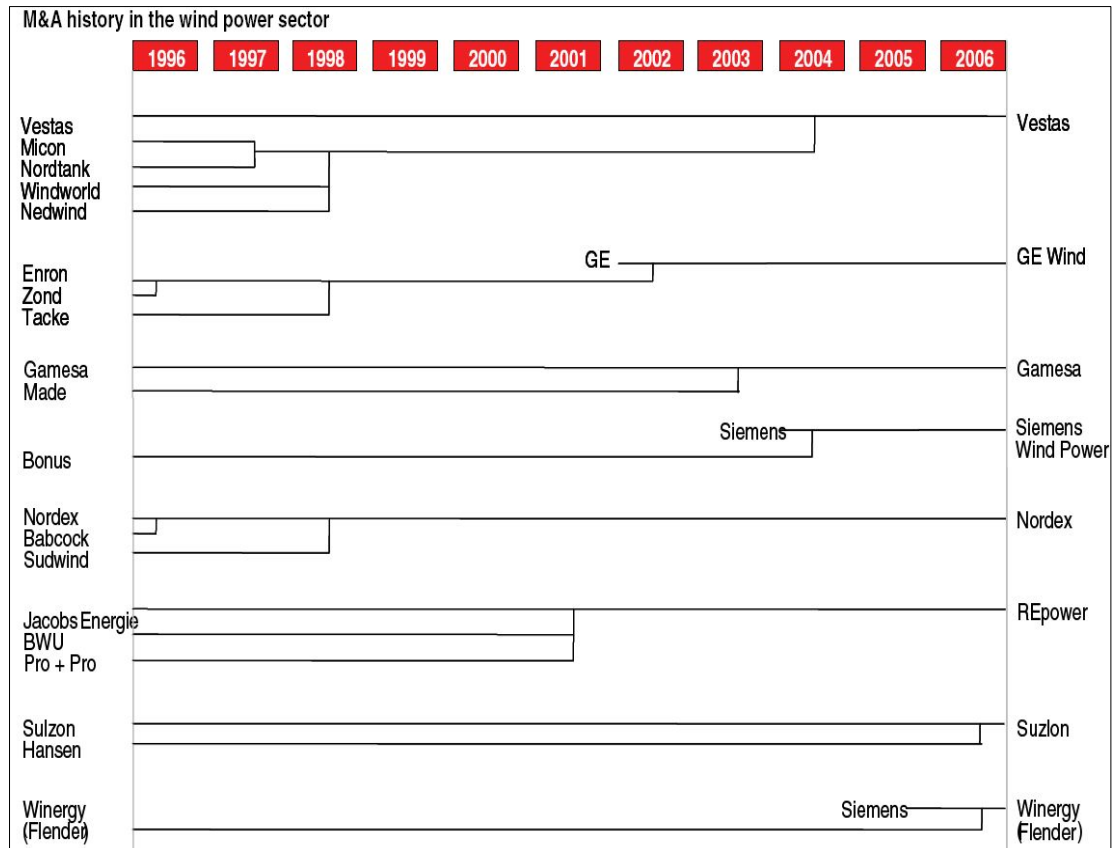
<표 3-14> 풍력발전 관련기업의 주요 사업 영역

	Accumulated MW 2003	Installed MW 2004	Market share 2004	Accumulated MW 2004	Installed MW 2005	Market share 2005	Accumulated MW 2005	Installed MW 2006	Market share 2006	Accumulated MW 2006	Market share accumulated
Vestas (Denmark)	14,797	2,783	34.1%	17,580	3,186	28.4%	20,766	4,239	26.5%	25,005	32.1%
Gamesa (Spain)	4,965	1,474	18.1%	6,438	1,783	15.9%	8,221	2,346	14.7%	10,567	13.6%
Enercon (Germany)	5,758	1,288	15.8%	7,045	1,505	13.4%	8,550	2,316	14.5%	10,866	13.9%
GE Wind (USA)	4,428	918	11.3%	5,346	2,025	18.1%	7,371	2,326	14.5%	9,697	12.4%
Siemens (Denmark)	3,367	507	6.2%	3,874	629	5.6%	4,503	1,103	6.9%	5,606	7.2%
Suzlon (India)	463	322	3.9%	785	700	6.2%	1,485	1,157	7.2%	2,642	3.4%

자료: Deutchbank, European Wind Energy, 200710

- ☐ Vestas, Gamesa, Enercon의 경우 풍력산업의 초기 전문기업으로 진입하여 최근 세계 선두시장을 확보하고, 점유율을 높이고 있는 실정임
- ☐ 선두기업들은 기업간 M&A를 통해 시장의 과점을 더욱 촉진시키고 있음
- 축적된 기술을 바탕으로 자국시장을 중심으로 1차 성장이후 M&A와 성공적인 해외진출로 세계시장 점유율 확보

<그림 3-23> 풍력발전기 시장의 M&A 동향



자료: HSBC, Power for a new generation, 2007.03.

2) 주요기업의 시장진입 및 수직계열화 차이

□ 유형 1: 축적된 기술을 가지고 있으며 수직계열화와 해외공장 건설을 통하여 이익률 향상과 동시에 해외시장에 성공적으로 진출한 기업

- 1970년 후반~1980년 초반부터 풍력터빈 개발을 시작하여 기술을 축적
 - Vestas 1979년, Enercon 1984년, Gamesa 1994년 개발 시작
- 자국 시장을 중심으로 1차 성장 후 M&A와 성공적인 해외 진출로 세계시장 점유율 확보
 - Vestas는 덴마크, Enercon은 독일, Gamesa는 스페인 시장을 확보
 - 1990년대 후반 ~ 2000년대 초반 기존 업체들의 인수합병을 통하여 규모 확장
 - 최근 북미, 인도, 중국 등 신흥 풍력시장에 성공적으로 진출

- 수직 계열화를 통한 부품 조달 확보와 이익률 향상
 - Blade, Controls, Gearbox 등 핵심부품의 수직계열화를 통하여 최근 풍력 산업의 부품 공급 부족에도 불구하고 안정적으로 부품 확보
 - 수직 계열화는 부품의 안정적 조달 외에도 이익률 향상도 목적
 - 해외 공장 건설을 통하여 해외시장 확장과 이익률 향상
 - 물류비용과 유럽의 높은 인건비를 줄여 이익률 향상과 동시에 해외시장 확장이 목적
- 유형 2: 풍력산업 초기에 풍력 전문기업으로 진입하여 자국 내에서의 점유율은 일정 부분 확보하였으나 세계 시장 진출에 늦은 기업(예: REpower, Nordex)
- 오랜 기술개발 경험과 높은 수준의 기술력 보유
 - REpower 설립은 2001년 이지만 풍력산업 초반부터 기술력을 갖추어 온 Jacobs Energie, BWU, Pro+Pro Energiesysteme 등이 합작 후 이름 변경
 - Nordex는 1985년부터 풍력터빈 개발 시작
 - REpower, Nordex 양사 모두 수 MW의 대형 육상 터빈 뿐 아니라 해상 풍력터빈까지 보유 (REpower 5MW 해상풍력 터빈 보유, Nordex는 2006년 2.5MW 해상 풍력터빈의 실증 완료)
 - 수직계열화 미비로 인한 수익률 하락과 해외시장 진출 지연
 - Nacelle 조립 공장 외의 주요부품을 대부분 아웃소싱에 의존
 - 최근 풍력발전의 급성장에도 불구하고 주요 부품에 대한 공급부족으로 인하여 매출 성장 늦고 이익률도 여전히 낮은 상태
 - 부품 조달 문제는 해외시장 진출에도 큰 걸림돌로 작용하여 해외시장 진출은 미미한 수준
 - 최근 해외 업체와의 협력을 통한 생산시설 건설 및 기술 라이선싱을 통하여 시장 확대 노력 중
 - REpower는 중국의 Dongfang Electric, Goldwind에 라이선싱 계약 체결, 중국 North Heavy Industry사와 JV 설립, 인도 Essar Indian Group에

라이센싱 계약 체결

- Nordex는 중국 Ninxia사와 JV 설립하여 Nacelle 조립 공장 건설

<표 3-15> 선도 기업의 부품 자체생산 비율 비교

	Vestas	Gamesa	REpower	Nordex
Nacelle 조립	100%	100%	100%	100%
Nacelle 주조	>50%	5%	0%	0%
Blade	85%	90%	0%	100%
Gearbox	0%	50%	0%	0%
Generator	25%	50%	0%	0%
Tower	15~20%	30%	0%	0%
Power Control	100%	100%	0%	0%

자료: HSBC, Global Alternative Energy, 2007

□ 유형 3: 풍력산업 초기에 사업 다각화 일환으로 풍력산업에 진출한 그룹 계열사

- 다각화 기업이 사업다변화 또는 기존 사업의 확대를 목적으로 오랜 기간 자체 기술 개발을 하는 경우이나 MHI 외에는 사례 없음
- 그룹의 핵심 사업에 대한 보조 역할 또는 에너지 사업에 대한 제품군 구비 차원에서 풍력 시장에 진입
- 1980년대부터 자체 기술 개발

□ 선진국 기업 중 기존 풍력업체를 인수하여 단기간에 기술 및 시장 확보 후 그룹의 기술력과 자금력을 이용하여 해상풍력 등 신기술을 개발하고 해외 시장을 확대

- M&A를 통한 풍력산업 진입
 - GE wind는 2001년 Enron을 인수
 - Siemens는 2004년 덴마크 풍력업체인 Bonus Energy 사를 인수
 - Alstom 사는 최근(2007. 07) 스페인 풍력업체인 Ecotecnia 인수
- 그룹 내 기존 사업과의 보완적 역할 목적
 - GE는 Gas turbine과 패키지 제품으로 납품
 - Siemens는 전력계통 기기와 연계하여 사업추진

- 기존 기술력, 자금력과의 시너지 효과 창출
 - GE는 Enron 인수 후 그룹 내의 각 계열사에 부품 개발을 의뢰하여 단기간에 신제품 개발에 성공
 - GE Transportation은 보다 효율이 향상된 Gearbox를 개발하여 공급
 - 양사 모두 해상풍력에 중점 (2005년 기준 Siemens는 해상 풍력의 34% 점유, GE는 2005년 해상풍력 점유율 5%이지만 신제품을 바탕으로 점유율 증대 예상)
 - GE, Siemens 모두 막강한 자금력을 바탕으로 GE Capital과 Siemens Capital을 통하여 파이낸싱 기능 제공

□ 국내에서는 750kW, 2MW, 3MW등 시스템 위주 기술개발이 추진되었으나 시장 진입이 지연(실증/상업 운전실적 확보 노력중)

- 2MW 풍력발전: (효성중공업, 유니슨) 기술개발 후 실증단계
- 저풍속용 2MW 풍력발전: (현대로템, 현대중공업) 기술개발단계
- 해상풍력 3MW, 5MW: (두산중공업, 효성중공업) 기술개발단계

3) 개도국기업 중 풍력 전문 기업으로 급성장

□ 1990년대 중·후반 이후 풍력산업에 진출한 풍력 전문기업 탄생

- 급부상하는 자국 시장을 배경으로 성장
 - 인도와 미국 시장은 각각 12%, 10%의 연간 성장이 예상
 - Suzlon은 인도 시장(점유율 49%), Clipper는 미국 시장 (20%대의 점유율 예상)을 배경으로 성장
- 기술력이 부족한 Suzlon은 수직 계열화와 선진 기업의 인수를 통하여 기술 확보 및 시장 확장
 - 후발 기업으로써 MW급의 대용량 풍력터빈 기술 부족
 - 대형 터빈과 해상 터빈을 보유한 REpower를 인수(2007년 8월 기준 Suzlon은 REpower 지분의 87% 확보) 하였으며 풍력터빈 핵심 부품 회

사인 Hansen을 인수 (2006. 03)

- REpower 인수를 통하여 기술 확보 뿐 아니라 유럽까지 시장을 확장

○ 급성장 시장의 하나인 중국을 기반으로 하는 Goldwind 사는 Suzlon의 전략 방향을 따를 가능성이 큼

- Goldwind 사는 중국 풍력시장의 27% 점유 (2005년 기준)

- 대형 풍력터빈 기술을 확보하지 못한 Goldwind사는 REpower사와 1.5MW 풍력터빈 기술 라이선싱을 체결했으며 독일 Vensys사와 2.5MW 풍력터빈 개발 중

- 2006년 미국에서 IPO를 통하여 자금 확보 시도

4) 풍력단지의 대형화에 따른 개발업체 영향력의 증대

□ 풍력단지의 대형화로 인하여 풍력단지 개발업체의 영향력이 커지고 있음

○ 대형 발전회사, 에너지 회사, IPP, 투자은행 등이 풍력단지 개발에 참여

○ 이들은 전력판매사의 발전차액 뿐 아니라 탄소배출권 획득을 통하여 수익을 창출

- 풍력의 경우 발전차액보다 탄소배출권 획득이 더욱 중요한 이익창출 수단으로 인식

- 특히 투자은행들은 탄소배출권을 이용하여 다양한 금융상품을 개발하고, 신재생에너지 산업에 대한 투자를 통해 탄소배출권을 확보하여 이를 판매하는 전략

○ 장기적으로 정부보조금은 소멸할 것이고, 탄소배출권이 신재생에너지의 경제성을 결정하는 요인으로 작용할 것임

5) Global화와 해상풍력의 부상

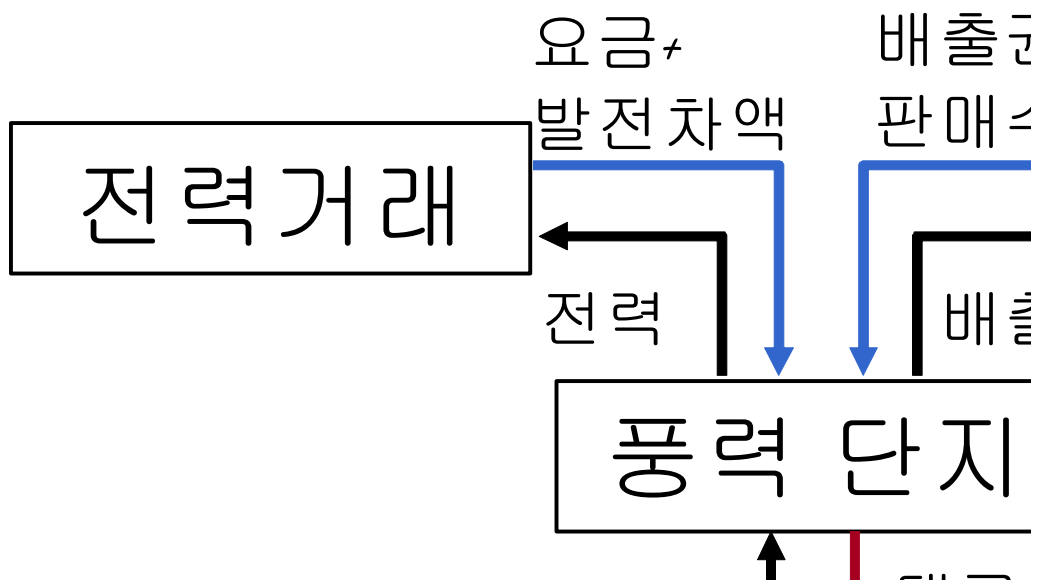
□ 독일, 스페인, 덴마크 등 전통적인 풍력 강국에서는 육상풍력의 성장이 둔화됨에 따라 해외 진출과 해상풍력으로 진출

- 독일, 덴마크, 스페인 등은 자국 내의 육상풍력지 소진으로 해외 진출과 해상 풍력 진출을 새로운 성장동력으로 추진

□ 해상 풍력은 2010년경 이후 본격화 할 것으로 예상

- 부식 등의 기술적 문제와 높은 유지관리비, 전력망 연계 등의 이유로 본격적인 증가까지는 다소 시간이 소요될 것으로 예상

<그림 3-24> 풍력발전산업의 사업모델



4. 풍력 산업의 기술력 분석

1) 국내 풍력발전 기술수준

□ 일부 부품은 세계적 경쟁력을 갖추었으나 주요 부품이나 시스템 설계, 운영연계 등의 기술은 선진국에 비하여 여전히 미흡한 상황

- 단지개발 분야는 보급사업을 통하여 어느 정도 기술력을 확보

- 풍력발전 시스템은 타워 등 일부 부품의 기술력은 확보했으나 시스템 기술은 미흡

- 운영연계 분야는 계통연계 부분에 비하여 감시진단 및 운영유지 기술이 미흡

<표 3-16> 한국의 풍력발전 기술 수준

분야	기술명	국내수준(%)
단지개발	자원조사, 분석 및 예측	82
	단지설계 및 시공	90
풍력발전시스템	블레이드	71
	증속기	70
	발전기	81
	전력변환장치	77
	타워	100
	축 구동계	90
	시스템 설계 및 평가	68
	소형 풍력발전시스템	80
운영 연계	감시진단	73
	운용 및 유지/보수	71
	계통연계	80
	하이브리드	70

주: 선진국 수준을 100으로 보고 비교

자료: 신재생에너지 RD&D 2030(풍력), 에너지관리공단 2007.11

2) 풍력발전 시스템 기술 관련

□ 풍력발전 용량 면에서는 격차를 줄였으나 핵심기술력은 여전히 미흡

- 기술자립 및 산업화 구축 단계(풍력발전기를 구성하는 주요 설계 및 해석기술은 확보)

- 현재 2MW 육상풍력시스템과 3MW 해상풍력발전기가 개발 및 실증 중

□ 핵심요소기술 부족으로 설계 및 제작기술의 대부분은 선진국에 의존

- 블레이드, 증속장치 등 핵심요소기술 부족

- 전체 시스템을 종합설계하기 위한 통합 설계기술이 부족

3) 풍력단지 개발 관련

☐ 풍력자원 평가, 풍력단지 설계 등과 같은 소프트웨어 기술

○ 풍력발전기기 개발과 같은 하드웨어 기술개발과 함께 소프트웨어 기술개발도 병행되어야 함

○ 풍력자원 평가를 위한 기술현황(10km의 해상도를 갖는 저해상도 바람지도 개발은 완성단계, 선진국은 100m 수준의 바람지도 개발)

○ 국내 지형조건에 맞는 풍력단지 설계 기술 필요

☐ 풍력자원 평가 기법 개발에 유리한 여건을 갖고 있음

○ 국제적으로 첨단수준에 도달해 있는 기상, 대기유동학 분야의 해석능력과 세계 최고수준의 IT가 결합되어 풍력자원 평가 기법을 개발

○ 풍력자원 평가 소프트웨어 개발

☐ 복잡 지형 모델 개발에 특화

4) 운영기술 관련

☐ 자체 성능평가 기반 및 인증체제 구축이 필요

○ 국제적 인정을 받은 국내 인증기관이 없어 해외기관에서 인증을 받음

○ 성능평가 기법에 대한 기술이전도 어려운 상황

☐ 국가 실증단지 조성

○ 장기간의 실증실험 및 성능시험을 할 수 있는 대규모의 종합적인 실증시험 단지를 확보해야 함

- 실증단지 조성을 통해 대형 풍력발전기 설계, 제작, 시험보완 등과 관련한 종합적인 기술축적이 가능

<표 3-17> 실증단지 현황

실증단지	기업	제품	기간	비고
강원 대관령	효성	750kW, Geared type	'04~'06년	인증 미취득, 재 실증
	유니슨	750kW, Gearless type	'04~'06년	인증 취득 (1년)
	한국 화이버	750kW, 저풍속용 블레이드	'04~'08년	실증 중
	한진	1.5MW	'04~'07년	인증 취득 (5년)
	유니슨	2MW	'07~'09년	실증 중
제주 김녕 (육상)	두산 (예정)	3MW 해상용 (해안 실증)	'08~'09년	실증 예정
제주 (해상)	두산 (예정)	3MW 해상용	'09~'10년	실증 예정
강원 대기리	효성	750kW, 2MW	'07~'09년	실증 중

5) 특허 분석 종합

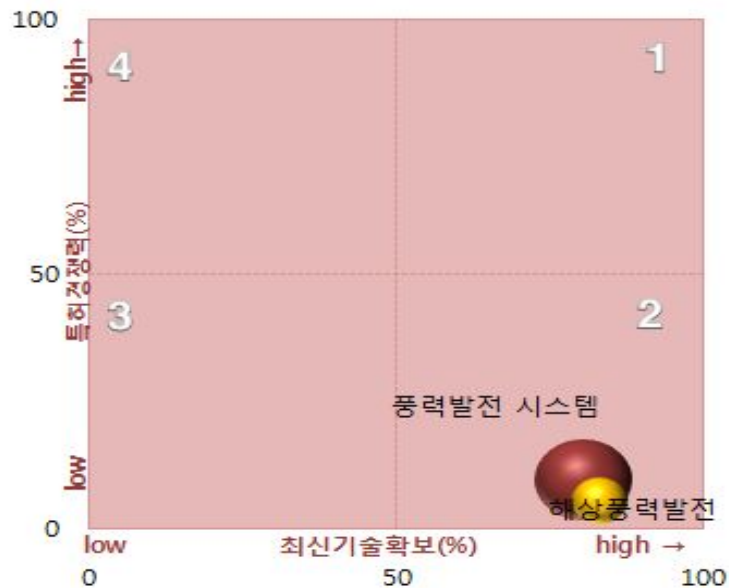
- 우리나라의 풍력 기술은 최근 개발이 활발한 편이나 글로벌 기술력 확보를 위한 특허경쟁력은 전반적으로 낮은 수준임

○ 보유특허의 최신특허 비율 : 82%, 3국특허비율 : 7%

- 풍력발전 시스템의 최신기술비중은 평균 73%수준이나 특허경쟁력은 42% 수준

○ “초대형 발전기 기술(직접 구동형, 초전도 등)” “시스템 통합 제어시스템 기술” “고신뢰/초경량 증속기 기술” “스마트 블레이드 기술” “전력변환장치 기술”은 최신기술 비중은 높게 나타났으나 특허경쟁력은 다소 미흡

<그림 3-25> 특허경쟁력 현황



- 풍력발전 시스템의 최신기술비중은 평균 73%수준이나 특허경쟁력은 42% 수준
 - 해상풍력발전의 최신기술비중은 75%에 이르고 있으나 특허경쟁력은 41%로 상대적으로 낮게 나타남
 - 부식 방지 및 기밀 유지 기술”, “원격진단/제어 시스템 감시진단 기술”, “해상용 기초기술”은 최신기술 비율은 높게 나타났으나 특허경쟁력은 다소 미흡한 수준을 보임
- 미국특허 출원 현황
 - 미국특허에서 수평축 풍력발전 분야는 자국 특허권자의 등록건수와 외국 특허권자의 등록건수가 비슷한 것으로 나타났으며, '02년을 기점으로 외국 특허권자의 등록건수가 자국 특허권자를 다소 앞서고 있음
 - 내·외국인 점유율을 살펴보면 자국 출원인에 의한 출원점유율이 47%를 차지함
 - 외국인에 의한 출원 중에서는 독일이 19%로 가장 많고, 그 뒤로 덴마크, 일본, 영국, 프랑스 순으로 나타나 유럽 지역의 특허가 높은 것으로 나타남

□ 일본특허 출원동향

- 일본에 출원된 수평축 풍력발전 분야의 내·외국인의 연도별 출원건수를 살펴보면, 외국특허권자는 소수의 출원건수를 보이고 있으며, 자국인의 출원 건수가 주도적임
- '90년대 후반 이후 출원건수가 급증한 것으로 나타났으며, '03년 이후 감소하는 경향을 보임
- 내·외국인 점유율을 살펴보면 자국 출원인에 의한 출원점유율이 97.4%를 차지함

□ 유럽특허 출원동향

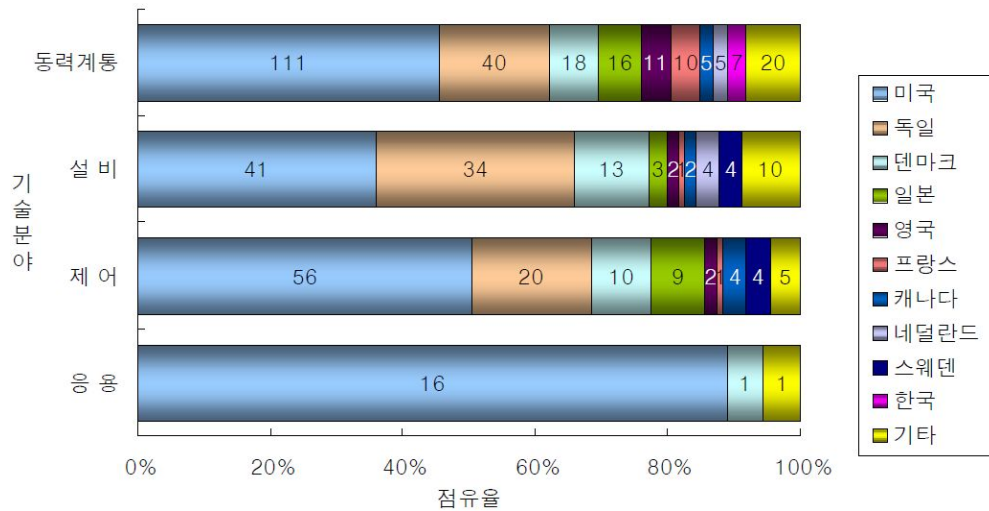
- 유럽특허에서의 수평축 풍력발전의 국가별 특허동향을 살펴보면, '90년대 후반 이후 급격한 증가를 보이고 있으며 독일이 가장 많은 출원을 보유함
- 출원점유율은 유럽인이 642건으로 전체 출원건수의 76%를 차지하며, 비유럽인이 205건으로 24%의 점유율을 보이고 있음
- 독일이 41%로 가장 많고, 그 뒤로 미국, 덴마크, 일본, 네덜란드, 스페인 순으로 나타남

□ 한국특허 출원동향

- 한국특허에서의 수평축 풍력발전 분야는 외국인에 의한 출원이 내국인보다 다소 높은 것으로 나타났으며, '00년 이후 급증함
- 내·외국인 점유율을 살펴보면 한국 출원인에 의한 출원건수 및 출원점유율은 각각 131건으로 48%, 외국인에 의한 출원 및 출원점유율은 각각 141건으로 52%를 차지함
- 한국 출원인에 의한 출원 중 105건이 개인 출원으로 나타났으며, 법인에 의한

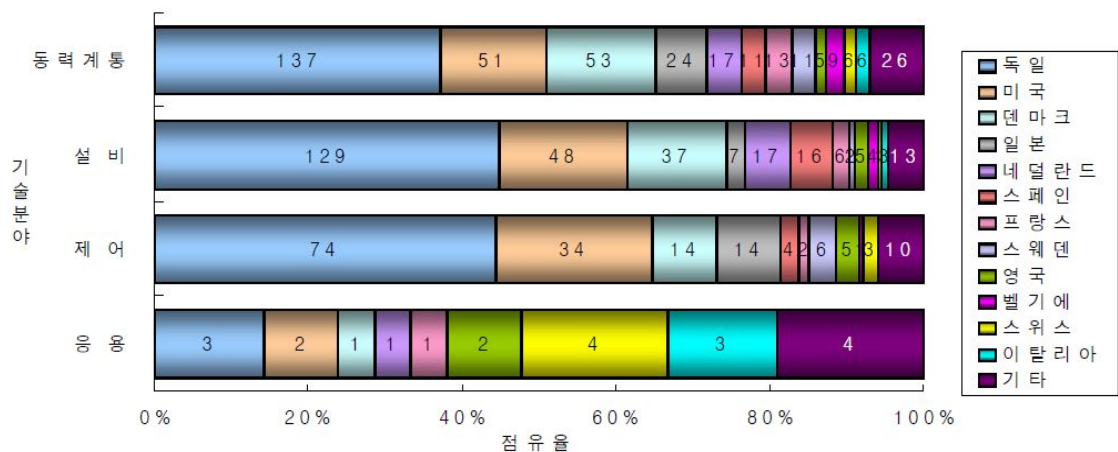
출원은 26건으로 나타나, 실질적인 개발 주체인 기업, 연구기관의 참여가 낮은 것으로 판단됨

<그림 3-26> 기술별 특허권자 국적 분포(미국특허)



- 유럽에서의 기술별 출원인 국적 동향은 동력계통, 설비, 제어 분야에서는 독일과 미국 및 덴마크가 출원을 주도하는 것으로 나타났으며, 응용 분야의 경우 주도적인 국가가 나타나지 않음

<그림 3-27> 기술별 특허권자 국적 분포(유럽특허)



□ 전세계 국가별 주요 출원인

<표 3-18> 국가별 주요 출원인

	순위	동력계통	점유율	설비	점유율
	1	Mitsubishi Heavy Ind (일본)	18.1%(98건)	Mitsubishi Heavy Ind (일본)	12.6%(28건)
일본	2	Ntn Corp(일본)	4.3%(23건)	Ishikawajima Harima Heavy Ind(일본)	5.0%(11건)
	3	Fuji Heavy Ind(일본)	2.8%(15건)	Hitachi Zosen Corp(일본)	4.5%(10건)
	4	Ebara Corp(일본)	2.4%(13건)	Ebara Corp(일본)	4.5%(10건)
	5	Daiwa House Ind(일본)	2.4%(13건)	Kajima Corp(일본)	3.2%(7건)
	순위	제어	점유율	용융	점유율
	1	Mitsubishi Heavy Ind(일본)	18.2%(53건)	Oikawa Tomoji(일본)	6.7%(12건)
	2	Fuji Heavy Ind(일본)	7.9%(23건)	Systec KK(일본)	3.9%(7건)
	3	Mitsubishi Electric Corp(일본)	3.4%(10건)	Mitsubishi Heavy Ind(일본)	3.9%(7건)
	4	Yamaha Motor(일본)	3.1%(9건)	Railway Technical Res Inst(일본)	3.4%(6건)
	5	Ishikawajima Harima Heavy Ind(일본)	2.7%(8건)	Ishikawajima Harima Heavy Ind(일본)	2.2%(4건)
유럽	순위	동력계통	점유율	설비	점유율
	1	Wobben(Enercon)(독일)	11.4%(42건)	Wobben(Enercon)(독일)	16.3%(47건)
	2	General Electric(미국)	7.3%(27건)	General Electric(미국)	11.5%(33건)
	3	Lm Glasfiber A/S(덴마크)	4.1%(15건)	Repower Systems (독일)	4.5%(13건)
	4	Vestas Wind Systems (덴마크)	3.3%(12건)	Vestas Wind Systems (덴마크)	3.8%(11건)
	5	Repower Systems (독일)	2.2%(8건)	Gamesa(스페인)	3.5%(10건)
	순위	제어	점유율	용융	점유율
	1	Wobben(Enercon)(독일)	16.2%(27건)	Abb Research(스위스)	14.3%(3건)
	2	General Electric(미국)	15.6%(26건)	Tim Italia S.P.A.(이탈리아)	9.5%(2건)
	3	Repower Systems (독일)	5.4%(9건)	Wind Save Limited(영국)	4.8%(1건)
	4	Nordex(독일)	4.2%(7건)	Ceap B.V.(네덜란드)	4.8%(1건)
	5	Vestas Wind Systems (덴마크)	3.0%(5건)	Doleh, Zakaria Kalil(아랍에미리트)	4.8%(1건)

- 한국과 미국의 세부 기술별로 수평축 풍력발전 분야 기술 혁신 리더를 살펴보면 Wobben(Enercon)이 가장 활발한 특허활동을 하는 것으로 나타남
- 미국에서는 Wobben(Enercon)과 General Electric이 동력계통, 설비, 제어 분야에서 높은 특허 활동을 하는 것으로 나타났으며, 그 외 Vestas Wind Systems

이 제어 분야와 설비 분야에서 다출원인에 포함됨

- 양 국가에서 동력계통, 설비, 제어 분야의 다출원인이 상당부분 일치하는 경향을 보임
- 일본과 유럽의 세부 기술별로 수평축 풍력발전 분야 기술 혁신 리더를 살펴보면 일본에서는 Mitsubishi Heavy Ind이, 유럽에서는 Wobben(Enercon)이 가장 활발한 특허활동을 하는 것으로 나타남
- 양 국가에서 동력계통, 설비, 제어 분야의 다출원인이 상당부분 일치하는 경향을 보임

□ 미국특허로 본 우리나라의 기술수준

<표 3-19> 미국특허로 본 우리나라 기술수준

특허등록건수				영향력 지수(PII)				기술력 지수(TS)			
1989~1996		1997~2007		1989~1996		1997~2007		1989~1996		1997~2007	
미국	61	미국	163	네덜란드	1.305	스웨덴	3.026	미국	73.36	미국	178.7
영국	9	독일	87	미국	1.203	대만	2.136	영국	6.794	덴마크	50.19
독일	7	덴마크	39	일본	0.864	네덜란드	1.424	네덜란드	3.915	독일	49.12
캐나다	4	일본	26	덴마크	0.806	덴마크	1.287	독일	3.455	스웨덴	24.21
네덜란드	3	프랑스	10	영국	0.755	프랑스	1.281	덴마크	2.418	일본	18.87
덴마크	3	스웨덴	8	독일	0.494	미국	1.096	캐나다	1.843	프랑스	12.81
스위스	2	캐나다	7	캐나다	0.461	호주	0.949	일본	1.727	네덜란드	8.543
일본	2	네덜란드	6	프랑스	0.461	핀란드	0.831	뉴질랜드	1.267	대만	8.543
프랑스	2	영국	6	핀란드	0.173	벨기에	0.801	한국	1.036	사우디아라비아	7.475
핀란드	2	한국	6	스위스	0.115	일본	0.726	프랑스	0.921	아이슬란드	7.119
이탈리아	3	이탈리아	4	이스라엘	0.55	캐나다	0.21	영국	1.7	이스라엘	1.4

- 미국등록특허에서 기술수준을 측정하는 3가지 지표(특허등록건수, 영향력지수(PII), 기술력 지수(TS))를 통해 국가별 분포를 살펴본 결과, 미국은 특허등록건수와 기술력지수 두 구간에서 모두 1위를 차지하였고, 영향력 지수는 '89년~'96

년 2위, '97년~'07년 6위를 차지함

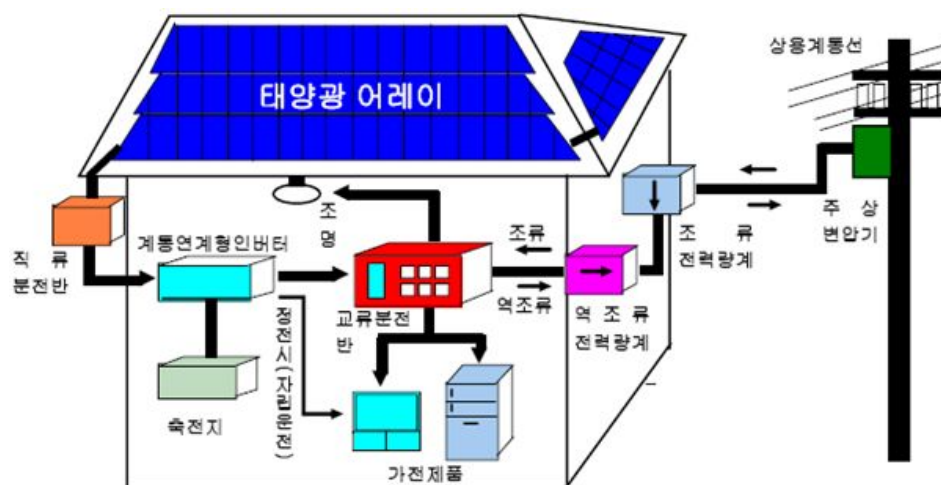
- 독일과 덴마크는 특허등록건수와 기술력 지수에서 높은 순위를 차지하고 있으며, '97년~'07에 순위가 각각 상승한 것으로 나타남
- 네덜란드와 스웨덴은 특허등록건수에 비해 영향력 지수 순위가 상위를 차지하여, 질적수준이 양적수준에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타남

제 3절 태양광

1. 태양광 발전의 개요

- 태양광 발전은 태양전지의 광전효과(Photovoltaic Effect)를 이용하여 전기를 발생시키는 것임
- 태양전지는 초기 우주선의 동력원 등 특수목적으로 개발되었으나, 일반화되어 사회에 전력을 공급하기 위한 발전 설비로 확대
- Grid에의 연결 여부에 따라 독립형과 계통 연계형으로 구분
- 태양광 발전 시스템은 태양전지에서 생성된 전기를 활용하기 위한 인버터, 계통 연계장치, 축전기 등 다양한 전기장치가 결합된 형태
- 태양전지에서 생산된 전기는 직류의 형태를 교류로 바꾸어 주기 위한 인버터 등의 PCS(Power Conditioning System)가 필요
- 전기 생성과 사용의 시간차를 해소하기 위해 계통연계가 이루어지든지, 축전지를 활용하여 전기를 저장

<그림3-28>태양광 발전 구성도



자료: 한국에너지기술연구원, 2007

2. 세계 태양광 시장의 현황 및 수요전망

□ 전세계 태양광 설치용량은 2003년 2,035MW에서 2007년 말 8,864MW로 약 4.4배 (6,892MW)가 증가하였음

○ 연도별 증가 추이를 볼 때 매년 신규설치 용량이 2005년 1,465MW, 2006년 1,744MW, 2007년 2,826MW로 급격히 증가추세를 보임

<표 3-20> 전세계 태양광발전 추세

	2003년 이전	2004년	2005년	2006년	2007년
순증	-	1,030	1,322	1,515	2,826
누적	1,828	2,858	4,180	5,695	8,521

자료: IEA(2007), "Trend in photovoltaic application" & Marketbuzz 2008 Report

□ 태양광 발전 설치 수요는 독일(44%)에 의해 주도가 되고 있으며, 일본(12.0%), 미국(5%) 등의 순을 보이고 있음

○ 주요국 태양광 보급 현황을 보면, 2006년 기준 독일, 일본, 미국 3개국이 세계 태양광 발전용량의 91%를 차지하고 있음

<표 3-21> 주요 국가별 태양광 발전 설치 추이(MW)

	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
한국	0.1	0.5	0.8	0.7	0.6	2.5	5.0	21.2
독일	5.3	44.3	80.9	83.4	153.0	613.0	866.0	953.0
일본	2.2	121.6	122.6	184.0	222.8	272.4	289.9	286.6
미국	9.0	21.5	29.0	44.4	63.0	100.8	103.0	145.0
스페인	0.8	3.0	3.6	4.8	6.5	10.4	20.3	60.5
이탈리아	1.7	0.5	1.0	2.0	4.0	4.7	6.8	12.5
프랑스	0.5	2.2	2.6	3.3	3.9	5.2	7.0	10.9
호주	2.0	3.9	4.4	5.5	6.5	6.7	8.3	9.7
오스트리아	0.3	1.2	1.2	4.2	6.5	4.2	3.0	1.6
네덜란드	0.4	3.6	7.7	5.8	9.6	3.6	1.7	1.5

자료: IEA, "Trends in Photovoltaic Applications" 2007.

□ 태양광 시장은 '03년 이후 35%이상 성장률을 나타내며, 향후 미국, 스페인, 이탈리아 등을 중심으로 급성장할 것으로 예상됨

○ 세계시장 규모: 2.4GW('07) → 8GW('12) → 105GW('30)

○ 스페인의 태양열 목표는 2005~2010년 사이에 500MW이며, 이를 위해 2006~2010년 사이에 서비스가 시작될 프로젝트가 5개, 계획 중인 프로젝트는 13개가 있음

○ 중국은 태양열 온수기를 주로 보급할 계획에 있으며, 농촌 경제가 발전함에 따라 수요량도 점차 증가할 것으로 전망됨

○ 미국은 전역에서 태양열 기술의 도입과 지속가능한 태양열 인프라 개발에 적극적으로 앞장서는 것으로 평가되는 12개 도시를 선정하여 '태양열아메리카' 도시로 명명함

<표 3-22> 국가별 수요 전망

	새롭게 설치된 용량(매년 새롭게 설치된 용량 MWp)						CAGR
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	06-10
독일	866	953	1,300	1,625	1,983	2,320	25%
이탈리아	7	12.5	105	184	322	498	151%
스페인	20	61	450	698	1,046	1,465	122%
기타	48	94	150	218	337	455	48%
유럽	940	1,121	2,005	2,724	3,687	4,738	43%
미국	103	145	261	470	846	1,480	79%
중국	12	15	26	43	78	149	77%
인도	8	9	17	31	57	106	85%
일본	290	287	312	464	673	943	35%
기타	20	25	49	96	180	38	92%
아시아	330	336	403	635	989	1,535	46%
기타	35	45	78	146	270	503	83%
전체	1,408	1,646	2,748	3,974	5,792	8,255	50%
연 성장률	31%	17%	67%	45%	46%	43%	

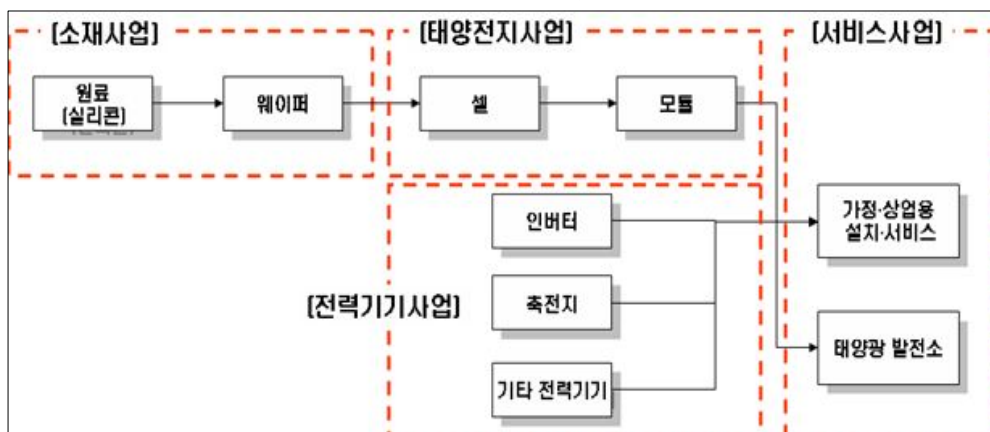
자료: Sustainability Report, Sarasin, Nov. 2007, 대한상공회의소, “태양광발전 비즈니스 활성화 방안(案)”, 2008. 3. 재인용

3. 태양광 산업 및 경쟁구조 분석

□ 태양광산업의 가치사슬은 소재, 태양전지, 전력계통설비 및 시스템·서비스 사업으로 구성되어 있음

- 소재사업 : 태양전지 셀을 만들기 위한 실리콘 등 소재공급 사업
- 태양전지 제조 사업 : 태양전지의 기본 단위인 셀(Cell) 및 셀을 조합한 모듈(Module)을 제조하는 사업
- 전력설비 제조 사업 : 직류 태양전원을 교류로 변환하는 인버터, 생산된 전력을 저장하는 저장기(배터리·커패시터), 기간 전력망과 연결하기 위한 각종 전기기기·설비를 제조하는 사업
- 시스템·서비스 사업 : 가정용 태양전지 시스템의 시공서비스 및 대규모 태양광 발전 플랜트의 설치·발전 사업이 가능

<그림 3-29> 태양광 산업의 가치사슬구조



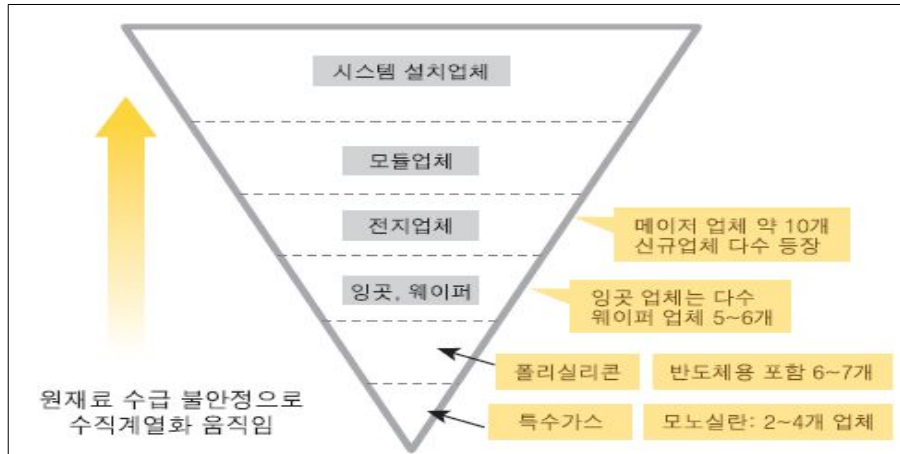
자료: 삼성경제연구소(2008)

1) 가치사슬 단계에 따라 세부시장의 과점화 정도가 상이

□ 현재 가치사슬이 상단(소재)에 가까울수록 업체수가 적어지는 구조

○ 상위 3개 업체의 점유율: 실리콘(62%) > 웨이퍼(60%) > 셀(40%) > 모듈(36%)

<그림 3-30> 태양광 발전의 Supply Chain



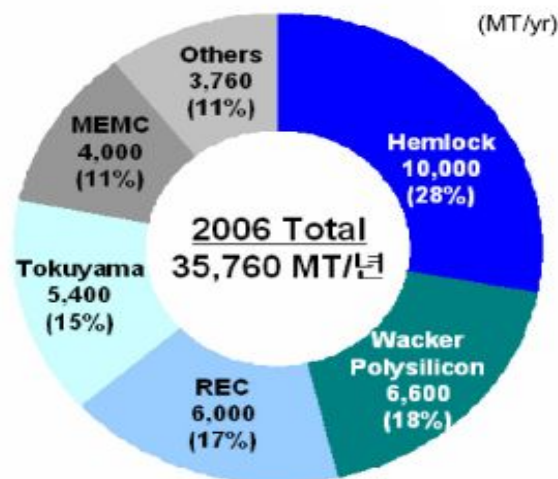
자료: 삼성경제연구소(2008)

□ 최근, 폴리실리콘 원소재와 모듈 가격 하락으로 발전단가 급락, 중국의 성장세 둔화에 맞춰 기술격차를 축소하고 시장을 확대할 기회

□ 실리콘과 웨이퍼는 태양전지 소재 분야로서, 소수 업체에 의한 과점화가 진전된 구조임

○ 실리콘 업체의 경우 상위 5개 업체가 전체 시장의 89%를 차지

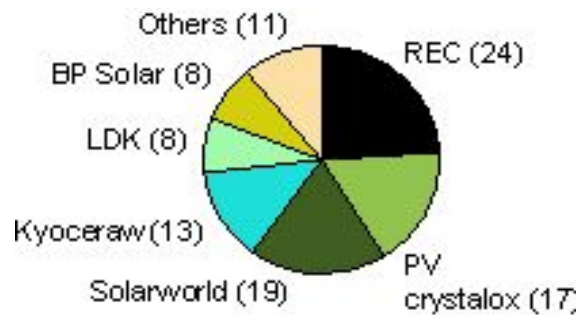
<그림 3-31>실리콘 생산업체의 시장점유율(2006년 생산능력 기준)



자료: Solarbuzz, 동양제철화학, “미래의 무한에너지, 태양광 발전”, 2007. 7. 재인용

- 웨이퍼 업계의 경우 상위 5개 업체가 전체 시장의 94%를 차지

<그림 3-32> 웨이퍼 업체의 시장점유율(2006년 기준)



자료: Photon Consulting, "Solar Power in Focus", 2007. 업계 자료 재인용

- 태양전지 셀 분야의 경우, 일본의 Sharp가 437MW를 생산, 전체의 17.1%를 차지하며 1위를 차지(2006년 기준)

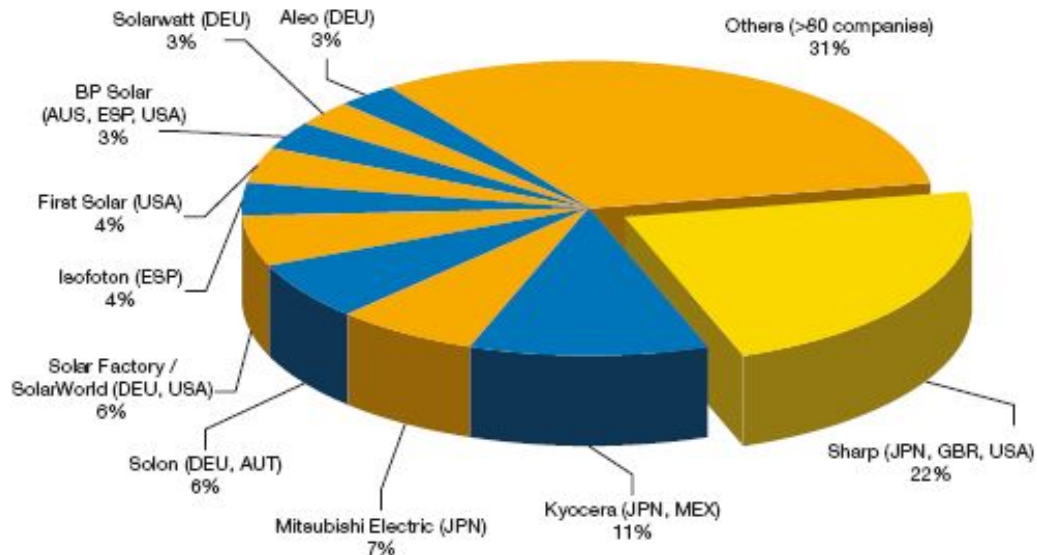
- 태양전지 셀의 경우, 신생업체의 부상이 두드러짐(Q-cell, Suntech, Motech)

- 태양전지 모듈의 경우, 상위 5개업체가 시장점유율이 약 55%

- 상위 3위 업체가 모두 일본 업체(2006년 기준)

- Sharp가 22%로 1위, Kyocera(11%), Mitsubishi Electric(7%)의 순

<그림 3-33>태양전지 모듈업체의 점유율 순위



자료: IEA, "Trends in Photovoltaic Applications : 1992-2006 ", 2007. 8.

- 국내 태양광 관련 연관 산업의 수준은 현재 우수한 편임
 - 태양광 소재인 실리콘과 관련된 화학 분야의 산업기반은 우수
 - 태양전지와 관련된 반도체와 LCD 분야에 대해선 세계 최고의 기업 존재
- 초기 가치사슬상 Downstream 분야에 국한되던 국내 기업이 Upstream 분야로 확대되며 선도국가의 산업구조와 유사한 형태로 발전
 - 실리콘, 잉곳/웨이퍼인 소재 분야와 셀 등의 전지분야에도 사업 참여 기업이 증가
- 반면, 태양광 모듈제품의 국산화율은 매우 낮은 상태로, 국산 부품이 국내 시장에서 차지하는 비중은 18%이지만, 국내 모듈 생산에 사용된 태양전지는 대부분 해외에서 수입되고 있는 실정임

2) 가치사슬 단계별 수직계열화가 진행 중

- REC(Renewable Energy Corporation)(노르웨이) : 세계 1위의 웨이퍼 업체
 - 1996년 Private Company로 Renewable 관련 사업 시작

- 태양광 관련 전 가치사슬에서 사업화(폴리실리콘 - 잉곳 - 웨이퍼 - 셀 - 모듈 - 설치/시공)
- REC Silicon - REC SiTech - ScanWafer - ScanCell - ScanModule - Solar Vision
- ASiMI와 REC와의 JV로 실리콘 사업 확대, 2010년까지 19,500MT의 생산능력을 갖출 계획
- ScanWafer는 세계 최대 다결정실리콘 웨이퍼 제조업체(2010년 1.3GW 규모로 생산능력을 확대할 계획)
- ScanCell는 2003년 사업 시작, 2007년 100MW의 규모로 상위업체와의 격차가 존재(가치사슬 전 부문을 수직계열화하여 최고의 비용경쟁력을 확보할 전략)

□ SolarWorld(독일)는 세계 2위의 웨이퍼 생산업체

- 1998년에 사업 시작, 웨이퍼 제조에서 시스템 설치까지, 폴리실리콘 제조를 제외한 모든 분야의 사업을 수직계열화한 업체
- Solar World AG(마케팅, 개발, 플랜트 엔지니어링, 건설 등)
- Joint Solar Silicon GmbH & Co.(with Degussa AG)(raw 실리콘 개발)
- Deutsche Solar AG(실리콘 웨이퍼와 PV제품 리사이클링)
- Deutsche Cell GmbH(태양전지 셀 제조)
- Gallivare PhotoVoltaic & Solar Factory GmbH(태양전지 모듈 제조)
- 2006년 Shell Solar로부터 80MW의 셀 제조라인을 인수하여 미국 내 최대 셀 제조업체로 부상(CIS 기술 개발에 참여할 수 있는 옵션도 확보)
- 2003년부터 실리콘 태양전지 셀의 리사이클링 사업을 최초로 시작
- 전 가치사슬의 수직계열화, 웨이퍼 제조 부문에서의 시장지배력 강화, 리사이클링 사업으로 니치 시장 확대 등의 전력 실행

□ Sharp는 세계적인 태양전지 셀 제조업체로 웨이퍼에서부터 모듈 생산까지 수직 계열화(주요 전기장치인 인버터도 자체 생산)

- 1959년 사업 시작 → '1963년 태양전지 최초 양산 → '1974년 위성용 태양전지 개발 → '1980년 태양전지 탑재 계산기 출시
- 수요 확대를 위해 건축회사와 태양전지와 LED가 결합된 'Lumiwall'을 개발
- 웨이퍼 등의 수직계열화, 박막 태양전지 생산능력 확대, 박형화 기술 등의 전략으로 시장지배력을 강화할 계획(2010년까지 박막 태양전지 생산능력을 1GW로 확대할 계획)

- 국내 태양광 산업 기반이 취약한 상황에서 보급정책의 시행으로 가치사슬에서 Down stream 상의 설치/시공 서비스 전문기업만이 크게 증가
- 2008년 초 기준으로 1,645개의 설치전문 기업이 존재
 - 신재생에너지 전문기업은 1,835여 곳으로 이중 태양광 전문기업이 전체의 89.6%를 차지

<표 3-23> 신재생에너지 전문기업 등록 현황(2008년 2월 기준)

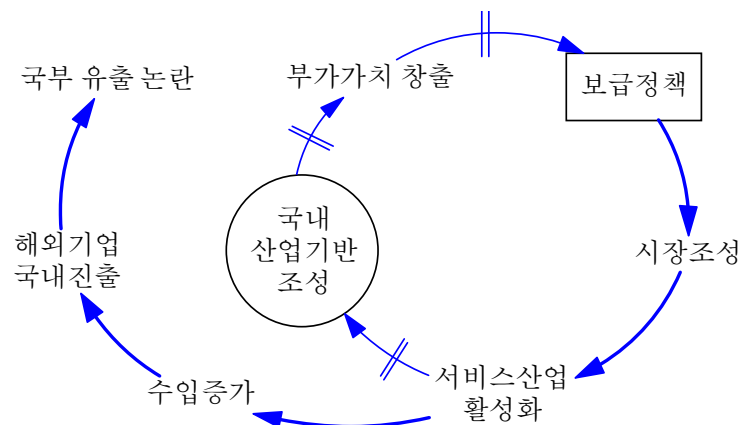
구분	전체	태양	지열	풍력	바이오	폐기물	연료전지	소수력
업체수	1,746	1,565	434	284	82	65	48	49

자료: 에너지관리공단 신재생에너지센터(www.knrec.or.kr)

주: 중복 등록 가능

- 일부 모듈제조와 설치서비스를 동시에 제공하는 업체도 존재
 - 에스에너지, 심포니에너지 등
- 국내 보급을 통한 국내 산업을 육성시킨다는 지원정책은 태양전지 셀/모듈의 수입증가로 국내 산업육성의 취지가 다소 퇴색

<그림 3-34>국내 보급 정책의 기본 취지와 현실과의 차이



- 2006년 이후 소재 및 태양전지 셀 제조 등 가치사슬의 Upstream 상에도 다양한 기업이 진출
- 태양광 산업의 가치사슬 전 부문에 걸쳐 진출

- 일부 금속 규소 등 실리콘원료를 확보하기 위한 사업에도 진출
- 중소기업뿐만 아니라 현대, LG, 삼성 등의 대기업도 적극적으로 검토하고 있는 형편

- 상당한 신규 기업이 참여하고 있으나, 파급효과를 기대하기엔 미지수
- 가치사슬 상의 각 분야에 여러 기업들이 진출
- 글로벌화에 대해서는 불확실하며, 수직계열화의 정도는 낮은 편

<표 3-24> 국내 상장기업의 태양광 사업 공시

구분	품목	관련 상장업체	구분	품목	관련 상장업체
기관소재	폴리실리콘	동양제철화학 KCC 삼성석유화학	태양전지	다결정 Si	신성이엔지 STX솔라(STX) LG화학
	모노실란	소디프신소재		Si 박막	한국철강
	잉곳/웨이퍼	웅진에너지(웅진홀딩스) 솔믹스 실트론(LG) 오성엘에스티 퓨처비전		CIGS 박막	LG마이크론
	염료	등진씨미켐		염료감응형 유기	티모테크놀로지 코오롱
공정소재	Graphite	티씨케이	모듈	모듈/전지	현대중공업
	실리콘 음극	하나마이크로		모듈/시스템	에스에너지
	집광렌즈	하이셀	인버터		빅텍 이화전기공업
	은 전극	대주전자재료	축전지		세방하이테크(세방)
공정설비	전지제조	주성엔지니어링	시스템		LG화학 이건창호 대한테크렌(대한전선)
	레이저	이오테크닉스		시공 등	시공/서비스
	증착	코닉시스템			동원시스템즈 효성 한국코트렐
	진공펌프	엘오티베컴	기타	토탈솔루션	LG
	자동화	에스에프에이			

자료: 굿모닝신한증권, “태양광:햇빛에너지”, 2008. 3.

3) 대규모 투자가 요구되는 장치산업적 특성을 보임

- 실리콘 제조의 경쟁력은 장비 및 효율화에 있기에, 폴리실리콘 제조는 대규모 장비투자가 요구됨
- Hemlock(미국) : 세계 1위의 폴리실리콘 생산업체
 - Dow Corning 자회사로 시작 → 1984년 3개 회사의 JV화(Dow 63.25%, 신에츠 25.25%, Mitsubishi Material 12.5%)

- Dow Corning에서 원료를 안정적으로 조달
- 태양광산업의 급속 성장에 맞춰 2010년 19,000만 톤으로 생산능력 확대 계획
- 모회사의 기술과 오랜 사업 경험(기술축적), 안정적인 수요처 확보, 모회사를 통한 안정적 원료 조달, 대규모 투자에 의한 규모의 경제 등을 적절히 구사하며 업계 부동의 1위를 유지

□ 태양전지도 규모의 경제가 유리한 장치산업적 특성을 보임

- Q-cells (독일)은 세계적인 태양전지 셀 제조업체로, 자국 시장의 확대에 발맞춰 생산능력을 적극 확대(2007년 셀 생산능력은 645MW 규모, 2010년 생산능력을 1GW로 확대할 계획)
 - 다양한 기술의 태양전지에 주목(비용 절감 및 단기간의 상용화 가능성에 투자 집중)
 - 자회사 및 JV를 통해 차세대 제품기술 확보, 지분참여 등으로 폴리실리콘 안정적 조달을 추진(Q-cells는 폴리실리콘 웨이퍼 태양전지 사업에 집중)
 - 지속적인 R&D 투자로 태양전지 효율 향상에 주력(셀 효율: 14.3%('02년) → 15~16%('07년) → 18~21%('08년 이후))
 - 폴리실리콘의 안정적 조달, 생산능력 확대에 따른 규모의 경제, 미래 기술에 대한 폭넓은 연구와 개발 등으로 시장선도력을 유지하기 위해 전력을 추구

□ 전세계 태양전지 생산량은 2007년 4,279MW로 '95년 이후 연평균 30%이상 증가 추세

- 중국은 공격적인 투자로 일본을 제치고 '07년 생산량 1위에 올랐으며(점유율: 28.1%), 일본(932MW, 점유율(21.8%)), 독일(875.6MW, 점유율(20.5%)), 대만(461.1MW, 점유율(10.8%)) 등 4개국이 생산량이 81.1%를 생산하고 있음

□ 국내 태양광 산업은 산업 기반 형성의 초기 단계로 외부 환경에 취약

- 규모의 경제를 확보하기엔 사업 규모가 작은 편이어서 시장 변화에 취약
- 대부분 사업 초기 단계로 국내 업체 관계로 미약한 편이며, 주로 외국 기업과의 파트너십에 의존
- 원천 기술이 없는 상황이어서 주로 Turnkey 방식에 의존한 설비 도입으로 공정 기술적 차별화 미약

4) 다른 그린에너지에 비하여 아직 경제성이 부족하여 정부의존적 산업임

- ☐ 태양광 산업은 초기 단계로 보조금에 의존하는 ‘정책의존형’ 산업
 - 태양광 발전단가는 他발전원에 비해 가장 높은 수준

<표 3-25>태양광 발전 단가 (유로/MWh)

기술	단가	기술	단가
원자력	38	풍력(육상)	54
석탄화력	60	지열	53
가스화복합발전	50	바이오매스	71
가스화단일발전	76	태양광	265

자료 : HSBC, "Power for a new generation", 2007. 3

- ☐ 미국과 독일이 R&D에 가장 많은 예산을 집행
 - 미국 122백만 달러, 독일 83백만 달러
 - 일본은 데모와 실증시험 등에 117백만 달러를 집행한 것이 특이한 사항
- ☐ 태양광 산업은 기술 혁신이 가장 빠르게 진행되고 있는 분야
 - 1세대 결정계 태양전지뿐만 아니라 2세대 박막 태양전지가 상용화 단계
 - 비정질 실리콘, CdTe, CIGS 등의 태양전지가 상업화
 - 3세대 태양전지인 유기물, 색소감응형 태양전지도 연구개발 중
- ☐ 전세계적으로 태양광의 발전차액지원의 규모가 제일 큼
 - 국내 발전차액지원은 거의 세계 최고 수준이며, 발전차액의 절대금액은 독일과 비슷한 수준이며 전기요금 대비 비율은 오히려 높은 수준
 - 전기요금 : 발전차액금액 : 548~689원:117원(독일) vs. 75원:677원(한국)
 - 발전차액이 지원되는 기간 역시 15년으로 유럽의 10~20년의 평균 수준

<표 3-26> 각국별 태양광 발전차액 지원제도 비교

구분	독일	스페인	프랑스	네덜란드	벨기에	그리스	이탈리아	포르투갈	워싱턴 (US)	캘리포니아 (US)	한국
요금 (원/kWh)	548 ~ 689	259 ~ 497	183 ~ 366	81.6	540	580	540	528	410	600	677.38 ¹⁾
적용기간 (년)	20		15 ~ 20	10	20	20	20	15	10	3	15
전기요금 (원)	117.12	86.52	126.84	68.04	-	-	-	-	18.13	49.63 ²⁾	74.68

주: 1) 30kW 이상(30kW 이하는 711.25원/kWh)

2) 미국 평균 전기가격

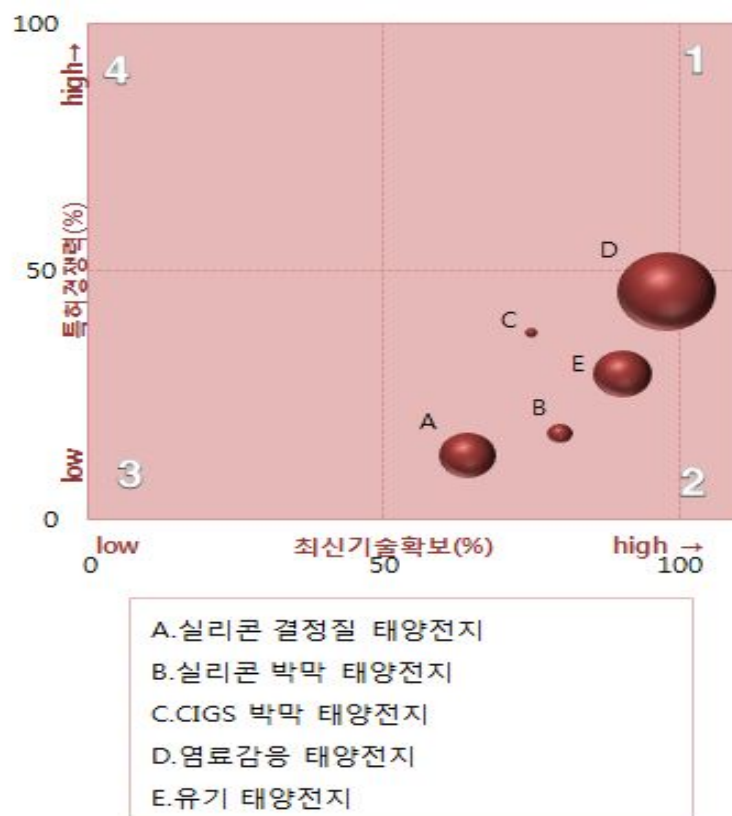
기준환율: 1,200원/유로, 954원/달러

자료: 한국전기연구원, SNEC International Solar and PV Conference, DCC, “미래의 무한에너지, 태양광 발전”, 2007. 11. 재인용

4. 태양광 산업의 기술력 분석

1) 국내 태양광 기술 수준

<그림 3-35>국내 태양광 기술수준



- 태양광분야에서 우리나라는 염료감응, 유기, 실리콘 박막, 실리콘 결정질 태양 전지 등 모든 전략품목이 최신기술의 개발은 활발하나 특허경쟁력이 상대적으로 낮음
 - 보유특허의 최신특허 비율 : 82%
 - 3극특허비율 : 28%
- 실리콘 결정질 태양전지
 - “박형 태양전지 양산기술” “500MW/년 단일 생산라인 기술” “Selective emitter” “25%이상 세계최고 태양전지” “후면전극형” 기술이 최신기술 비율 및 특허경쟁력이 50%이하 수준
- 실리콘 박막 태양전지 분야
 - “고효율 대면적 다층 실리콘 박막 태양전지 모듈” “실리콘 박막 양자점 태양 전지 개발”의 특허군이 최신 기술개발이 비교적 활발
 - “모듈화장비”를 비롯하여 “증착장비개발” “Flexible 실리콘 박막 태양전지 모듈 개발”은 최신 기술비율이 50% 이하 수준인 것으로 나타남
- CIGS 박막 태양전지 분야
 - “Flexible CIGS 태양전지 제조기술” “비진공 CIGS 태양전지 제조기술”의 특허군이 최신기술개발 및 특허경쟁력에 양호한 수준
- 염료감응 태양전지는 특허기반이 매우 우수한 전략품목으로 분석됨
 - 최신기술비율 82%, 특허경쟁력 77%
 - 구체적으로 “양산장비 기술” “BIPV 발전시스템” “모듈 기술” “핵심소재기술”을 주요로 하는 4개의 특허군은 최신기술개발이 활발한 것으로 나타났으나, 특허경쟁력은 아직 미흡한 수준을 보임
- 유기 태양전지는 최신기술개발이 88%로 활발하고 특허기반이 우수한 것으로 나타남
 - “고효율 광활성 재료 합성”과 “기존 소재의 고순도 및 양산화 공정기술” “유기 태양전지 생산시스템 개발” “Barrier 특성을 갖는 내열 저수축 투명 필름” “롤투롤 인쇄공정이 가능한 모듈 기술”은 모두 최신기술개발이 활발한 것으로

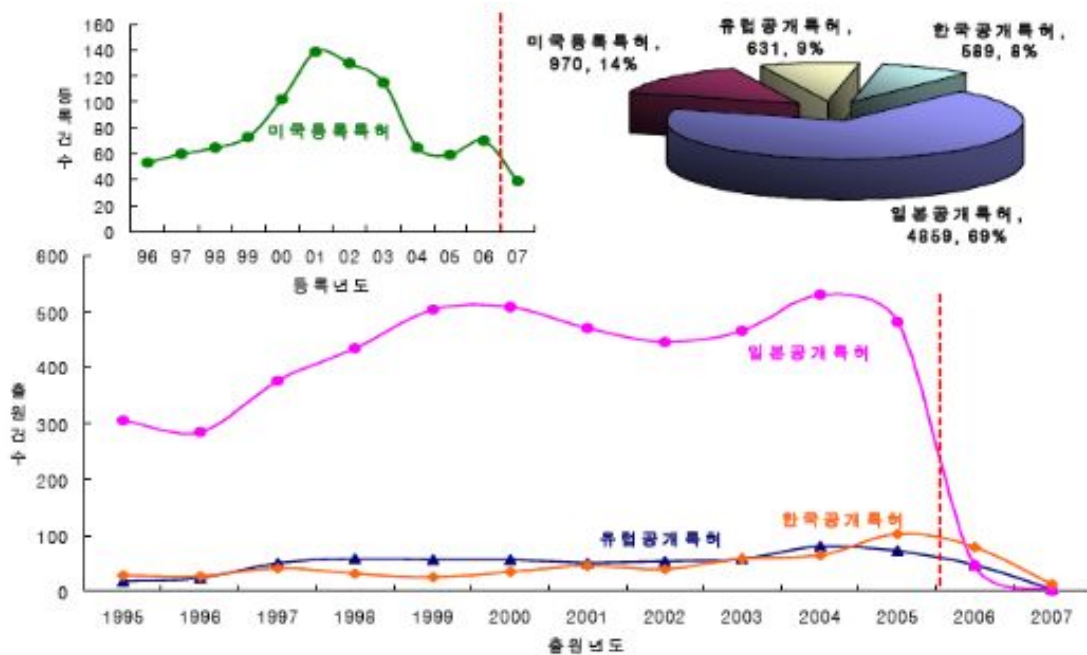
로 나타남

2) 특허분석 종합

□ 태양광 분야 특허의 연도별 동향

- 신재생 에너지 태양광 특허는 일본특허출원이 압도적으로 많음 미국등록특허의 경우, '01년까지 증가하는 추세를 보이다가 이후에 감소하는 추세를 보이고 있음
- 신재생 에너지 태양광 특허는 일본공개특허가 69%로 가장 많으며 그 다음에 미국등록특허가 14%, 유럽공개특허가 9%, 한국공개특허 8% 순으로 나타남

<그림 3-36> 신재생 에너지 태양광의 국가별 점유율 및 특허건수 추이

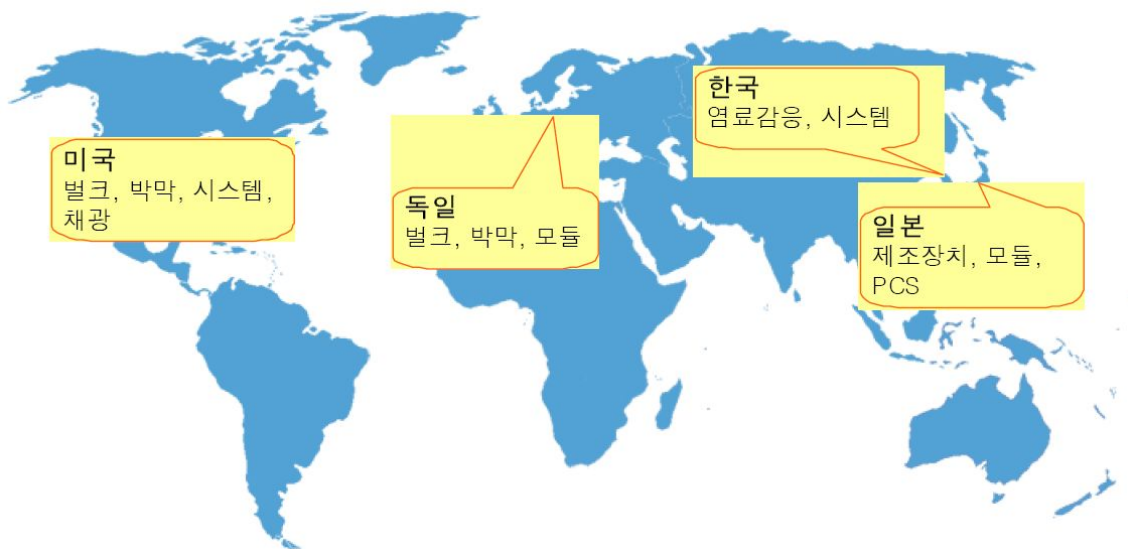


※분석구간: 한국, 일본, 유럽특허 ~ 2007.7(출원년도), 미국특허 ~ 2007.7(등록년도)

- 미국은 벌크, 박막, 시스템, 채광 분야에서 상대적으로 활발한 특허활동을 나타냄

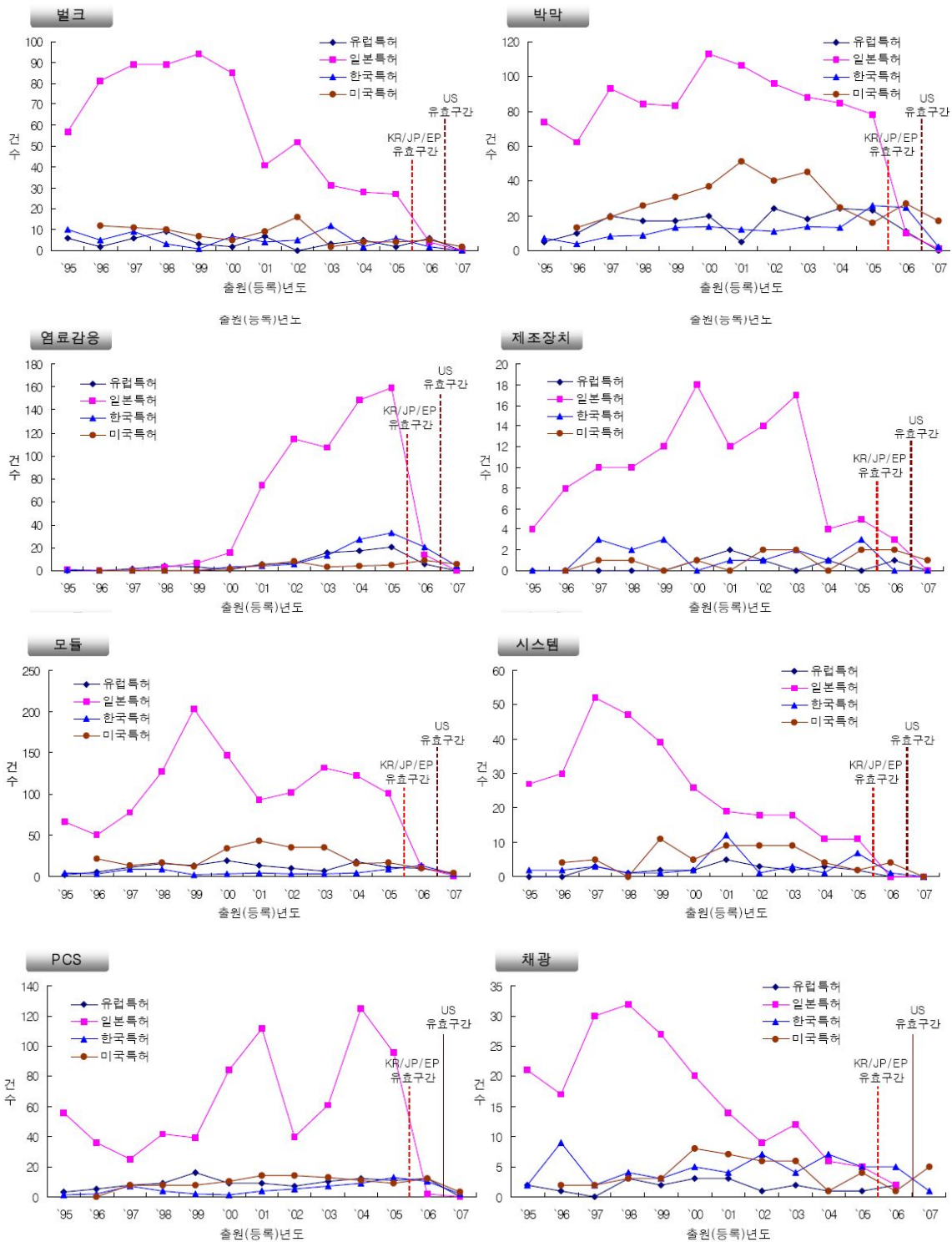
- 독일은 벌크, 박막, 모듈 분야에 상대적으로 특허활동을 집중하고 있는 것으로 나타남
- 한국은 염료감응, 시스템 분야에서 특허활동이 활발하게 나타나는 추세를 보임
- 일본은 제조장치, 모듈, PCS 분야에서 상대적으로 특허활동을 집중하고 있는 것으로 나타남

<그림 3-37> 주요국의 역점 기술 분야



- <1> 분석구간: 한국,일본,유럽특허- ~2005년(출원년도), 미국특허- ~2006년(등록년도)
- <2> 상기 역점분야는 [그림 2-8]에서 도출한 AI(특허활동지수)값과 각국의 기술분야 별 특허건수 등을 감안하여 도출한 결과임

<그림 3-38> 세부기술별 출원 및 등록 추이

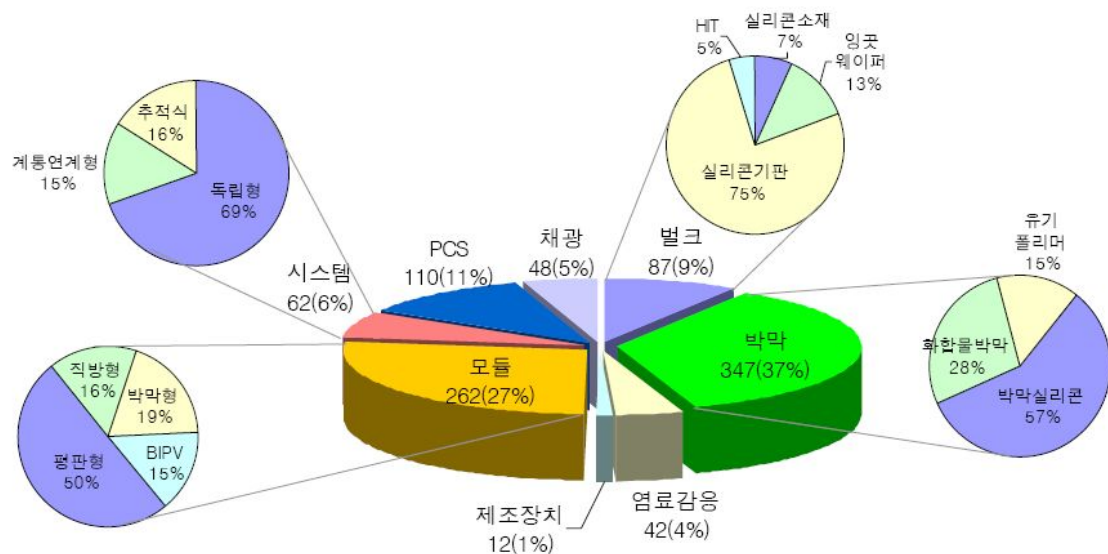


분석구간 : 한국/일본/유럽특허~2007.7(출원연도), 미국특허 ~ 2007.7(등록연도)

□ 미국특허에서의 신재생 에너지 태양광 세부기술별 특허등록건수를 살펴보면, 박막이 37%로 가장 많고, 그 다음으로는 모듈27%, PCS 11%, 벌크 9% 순으로 나타남

○ 박막에서는 박막실리콘 분야가 57%로, 모듈에서는 평판형 분야가 50%로 가장 높은 특허점유율을 보이며, 그 외 벌크에서는 실리콘 기판이 75%로 가장 높은 특허점유율을 나타냄

<그림 3-39> 세부기술별 특허비율(미국특허)

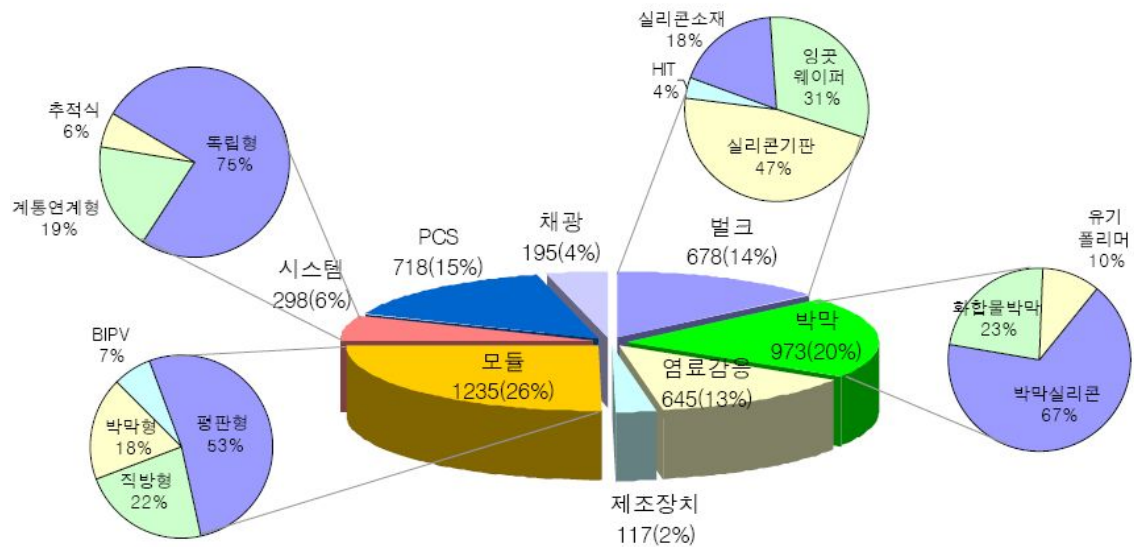


※ 분석구간 : 미국특허 ~ 2007.7(등록연도)

□ 일본특허에서의 신재생 에너지 태양광 세부기술별 특허건수를 살펴보면, 모듈이 26%로 가장 많고, 그 다음으로는 박막 20%, PCS 15%, 벌크 14% 순으로 나타남

○ 모듈에서는 평판형 분야가 53%로, 박막에서는 박막 실리콘 분야가 67%로 가장 높은 특허점유율을 보이며, 그 외 벌크에서는 실리콘 기판이 47%로 가장 높은 특허점유율을 나타냄

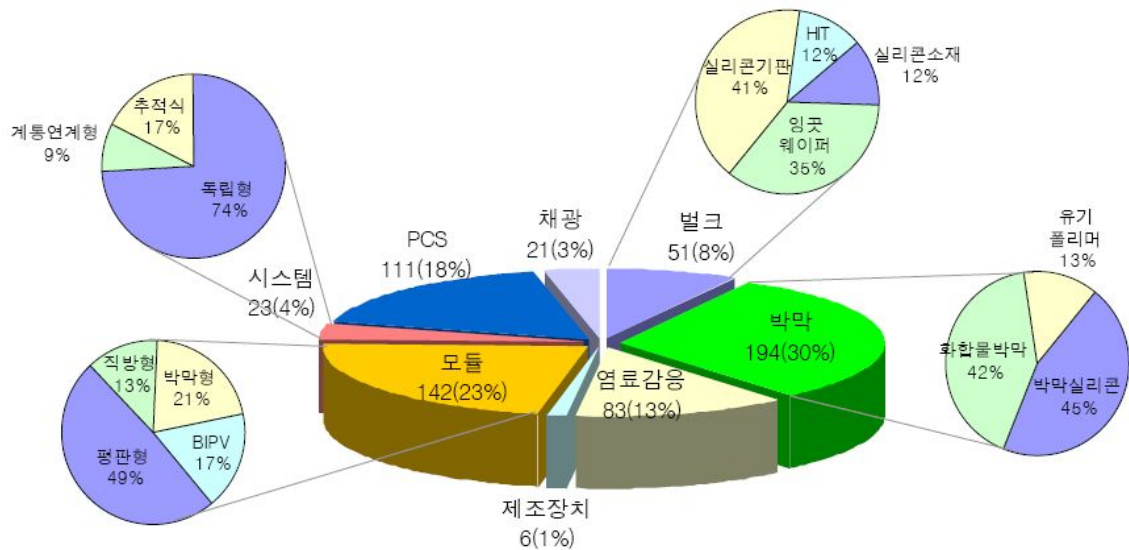
<그림 3-40> 세부기술별 특허비율(일본특허)



※ 분석구간 : 일본특허 ~ 2007.7(등록연도)

- 유럽특허에서의 신재생 에너지 태양광 세부기술별 특허건수를 살펴보면, 박막이 30%로 가장 많고, 그 다음으로는 모듈 23%, PCS 18%, 염료감응 13% 순으로 나타남
- 박막에서는 박막실리콘 분야가 45%로, 모듈에서는 평판형 분야가 49%로 가장 높은 특허점유율을 보이며, 그 외 벌크에서는 실리콘 기판이 41%로 가장 높은 특허점유율을 나타냄

<그림 3-41> 세부기술별 특허비율(유럽특허)



※ 분석구간 : 유럽특허 ~ 2007.7(등록연도)

□ 전 세계 국가별 주요 출원인

- 미국 특허에서는 전체적으로 일본 기업인 CANON이 특허를 가장 많이 출원한 다출원인으로 조사됨
- 벌크 분야에서는 CANON이 11건으로서 가장 많이 출원한 다출원인으로 파악되었고, 그 외에 일본 기업인 SANYO, 독일 기업인 SIEMENS SOLAR, 일본 기업인 MITSUBISHI 및 FUJI가 다출원인으로 파악됨
- 박막 분야에서는 CANON이 56건으로서 가장 많이 출원한 다출원인으로 파악되었고, 그 외에 SANYO, 미국 기업인 Midwest Res., 일본 기업인 SHARP 및 MATSUSHITA가 다출원인으로 파악됨
- 열료감응 분야에서는 미국 기업인 GENERAL이 5건으로서 가장 많이 출원한 다출원인으로 파악되었고, 그 외에 SHARP, NIPPON KAYAKU, Midwest Res. 및 SEIKO EPSON이 다출원인으로 파악됨
- 제조장치 분야에서는 출원 자체가 많지 않았으며 SHARP, CANON, SANYO, Semiconductor Energy Lab 및 MITSUBISHI가 각각 1건씩 출원한 것으로 파악됨
- 모듈 분야에서는 CANON이 84건으로서 가장 많이 출원한 다출원인으로 파악되었고, 그 외에 일본 기업인 KANEKA, SANYO, SHARP 및 미국 기업인

Evergreen Solar가 다출원인으로 파악됨

- 시스템 분야에서는 CANON이 6건으로서 가장 많이 출원한 다출원인으로 파악되었고, 그 외에 일본 기업인 CITIZEN WATCH, SANYO, SHARP 및 KANEKA가 다출원인으로 파악됨
- PCS 분야에서는 CANON이 30건으로서 가장 많이 출원한 다출원인으로 파악되었고, 그 외에 SANYO, SHARP, MITSUBISHI 및 한국 기업인 삼성전자도 다출원인으로 파악됨
- 채광 분야에서는 Architectural Energy, CANON, Kimberly-Clark Worldwide, Skydome Ind. 및 Symbol Technologies가 2건씩 출원함

<표 3-27> 국가간 주요 분야별 특허 점유율

미 국	순위	별크	점유율	바막	점유율	염로감용	점유율
	1	CANON(일본)	12.6%	CANON(일본)	16.1%	GENERAL (미국)	11.9%
	2	SANYO(일본)	6.9%	SANYO(일본)	5.8%	SHARP (일본)	9.5%
	3	SIEMENS SOLAR(독일)	5.7%	Miswest Res.(미국)	4.9%	NIPPON KAYAKU (일본)	4.8%
	4	MITSUBISHI (일본)	4.6%	SHARP(일본)	4.6%	Miswest Res.(미국)	2.4%
	5	FUJI(일본)	2.3%	MITSUBISHI (일본)	3.2%	SEIKO EPSON	2.4%
		제조장치	점유율	모듈	점유율	시스템	점유율
	1	SHARP(일본)	8.3%	CANON(일본)	32.1%	CANON (일본)	9.7%
	2	CANON(일본)	8.3%	KANEKA Corp(일본)	8.4%	CITIZEN (일본)	8.1%
	3	SANYO(일본)	8.3%	SANYO(일본)	4.6%	SANYO (일본)	4.8%
	4	Semiciconduc tor Energy Lab(일본)	8.3%	SHARP(일본)	3.8%	SHARP (일본)	3.2%
	5	MISUBISHI(일 본)	8.3%	Evergreen Solar(미국)	1.5%	KANEKA Corp(일본)	1.6%
		PCS	점유율	채광	점유율		
	1	CANON(일본)	27.3%	Architectural (미국)	4.2%		
	2	SANYO(일본)	6.4%	CANON(일본)	4.2%		
	3	SHARP(일본)	2.7%	Kimberly-Cl ark Worldwide (미국)	4.2%		
	4	MITSUBISH (일본)	2.7%	Skydome Industries	4.2%		
	5	삼성전자(한국)	1.8%	Symbol Technologies (미국)	4.2%		

□ 미국 특허로 본 우리나라의 기술력 수준

- 미국등록특허에서 기술수준을 측정하는 3가지 지표(특허등록건수, 영향력지수(PII), 기술력 지수(TS))를 통해 국가별 분포를 살펴본 결과, 일본은 특허등록건수와 기술력지수는 두 구간에서 모두 1위를 차지하였고, 영향력 지수는 1996년~2000년 3위에서 2001년~2005년 2위로 상승
 - 일본은 태양광분야에서 양적수준과 질적수준이 매우 높을 뿐 아니라 최근에는 질적수준이 더욱 더 상승한 것으로 나타남
- 미국은 특허등록건수와 기술력지수가 두 구간에서 모두 2위를 차지하였고 영향력 지수는 1996년~2000년 2위에서 2001년~2005년 1위로 상승하였으므로 최근 들어 질적수준이 많이 높아지고 있는 것으로 나타남
- 호주는 특허등록건수에 비해 영향력 지수 순위가 상위를 차지하므로, 태양광 분야에서의 질적수준이 양적수준에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타났으며, 독일은 기술수준 측정결과 전반적으로 상위를 차지하고 있는 것으로 파악됨
- 한국은 특허등록건수, 영향력지수(PII), 기술력 지수(TS)에서 최하위 수준이며 1996년~2000년에서 2001년~2005년으로 접어들면서 더욱 하락세를 보임

<표 3-28> 미국특허에서 국가별 기술력 순위

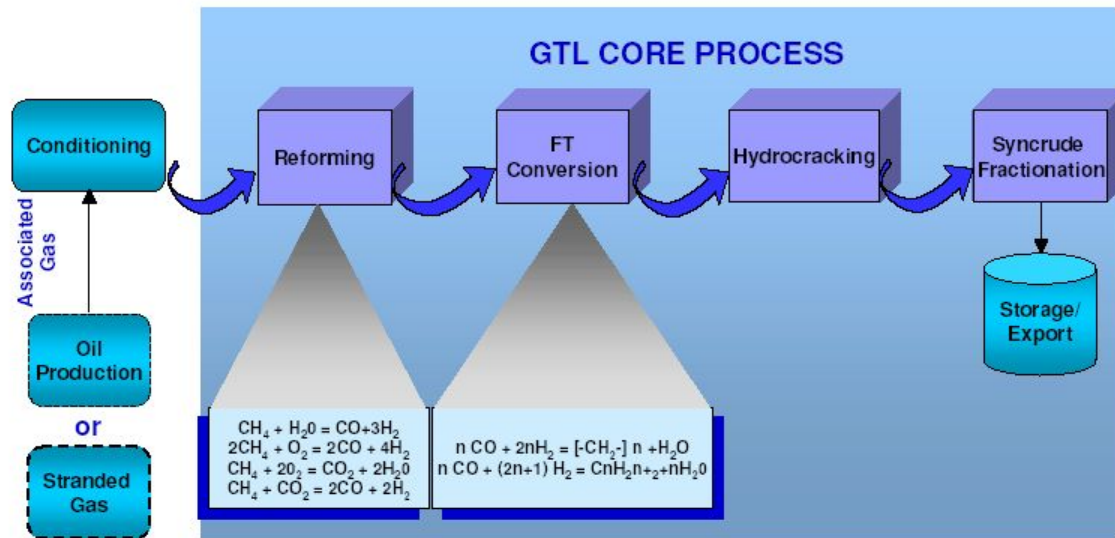
특허등록건수				영향력 지수(PII)				기술력 지수(TS)			
1996~2000		2001~2005		1998~2000		2001~2005		1996~2000		2001~2005	
일본	165	일본	265	호주	1.11	미국	1.10	일본	174.5	일본	278.6
미국	114	미국	152	미국	1.06	일본	1.05	미국	120.9	미국	167.0
독일	29	독일	20	일본	1.06	독일	0.70	독일	20.8	독일	14.1
스위스	4	대만	7	독일	0.72	대만	0.64	호주	3.3	대만	4.5
대만	4	스위스	6	스위스	0.68	스위스	0.63	스위스	2.7	스위스	3.8
호주	3	호주	4	한국	0.66	호주	0.52	한국	2.0	호주	2.1
프랑스	3	프랑스	4	프랑스	0.37	한국	0.26	프랑스	1.1	한국	1.0
한국	3	한국	4	대만	0.28	프랑스	0.09	대만	1.1	프랑스	0.3

제 4절 GTL(gas to liquids)

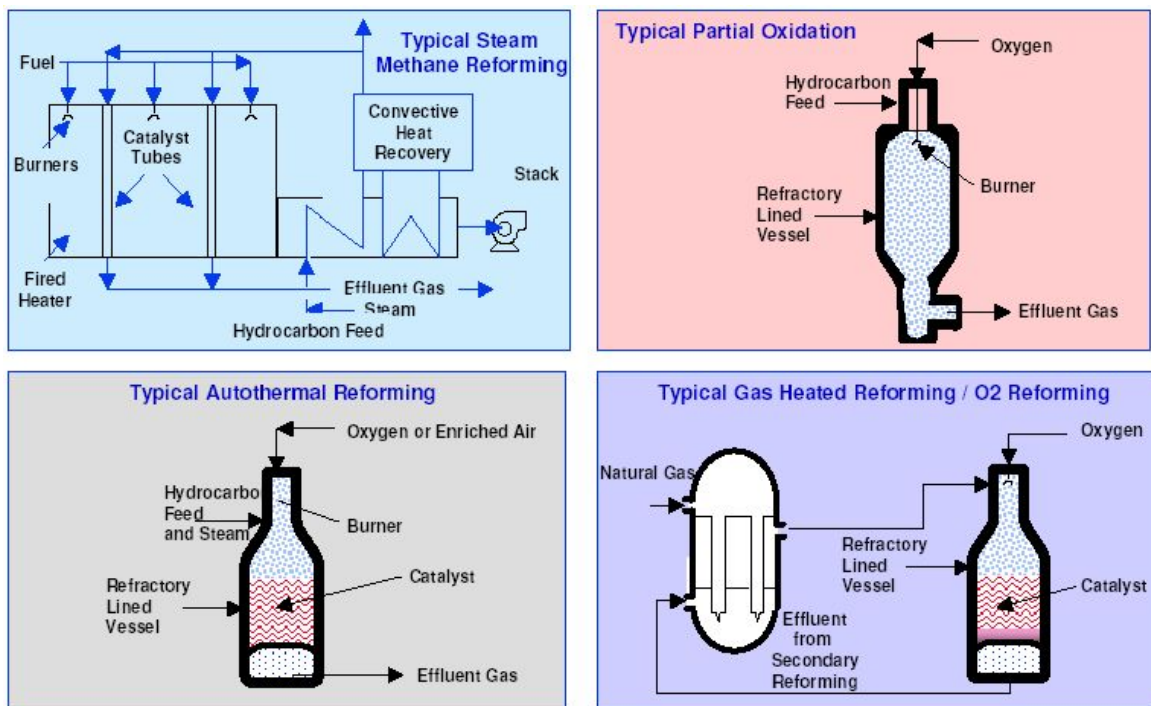
1. GTL 발전의 개요

- GTL (gas to liquids) 기술은 천연가스의 주성분인 메탄 (CH_4)을 고온, 고압에서 반응시켜 합성가스를 생산하고, 이를 F-T 반응기에서 다시 액체상태의 합성 석유류 제품(디젤, 납사 등)을 생산하는 기술임
- GTL 기술의 핵심 공정인 Fisher-Tropsch (FT) 합성법은 1923년 독일의 화학자 Fischer와 Tropsch가 석탄가스화에 의한 합성가스로부터 합성연료를 제조하는 기술을 개발한데서 처음 시작됨
- 공정과정상 주요 특징은 아래와 같음
 - 천연가스를 대부분 수소와 일산화탄소의 합성가스로 전환
 - Fisher-Tropsch 전환법으로 합성가스를 대부분 지방족 탄화수소와 물의 혼합물로 처리
 - 얻어진 탄화수소를 연료 수준의 스펙을 갖도록 일반적인 수소화분해장치 (hydrocracker)로 다듬는 단계
- 천연가스를 비롯한 탄화수소화합물로부터 일산화탄소와 수소의 혼합물인 합성 가스제조기술로 스팀개질(SR, steam reforming)법과 부분산화(POX, partial oxidation)법이 가장 보편적으로 사용되어왔으나 최근 두 공정이 조합된 형태인 Auto-thermal Reforming (ATR) 방법이 개발되어 대규모 공장에서 적용되고 있음

<그림 3-42> GTL플랜트 value chain



<그림 3-43> 기존의 개질기술



- 개질기술은 GTL, CTL과 XTL 등의 합성연료 제조 기술에 필수불가결한 세부 기술로서 메이저 기업들 (Sasol, Shell, BP 등)에 의해 독점되어 있는 상태이며, 초기 투자비의 60% 이상을 차지하는 합성가스 제조 공정 투자비의 절감을 위

한 연구 개발이 집중되고 있음

- F-T 합성기술은 합성가스로부터 액체연료를 제조($\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow -\text{CH}_2- + \text{H}_2\text{O}$)하는 기술로서 $-\text{CH}_2-$ 결합고리의 길이는 촉매의 선택성과 반응조건에 따라 결정되며, 기술의 핵심은 반응기, 촉매, 열공급과 개량, H_2O 와 CO_2 등의 제거 또는 이용임
- Hydrocracking은 촉매상에서 수소첨가분해반응으로 GTL 정유공정에서 동일하며, GTL 플랜트에서 생산된 탄화수소화합물을 촉매상에서 수소와 반응시켜 목적하는 원료나 연료로 전환하는 과정임
- 석유회사로는 Shell, Sasol, ExxonMobil 벤처기업으로는 Syntroleum, Rentech가 그리고 BP, Conoco 등도 연구개발을 통해 GTL 기술을 보유 하고 있음(표 참조)

<표 3-29> 각 기업의 GTL 프로세스 비교

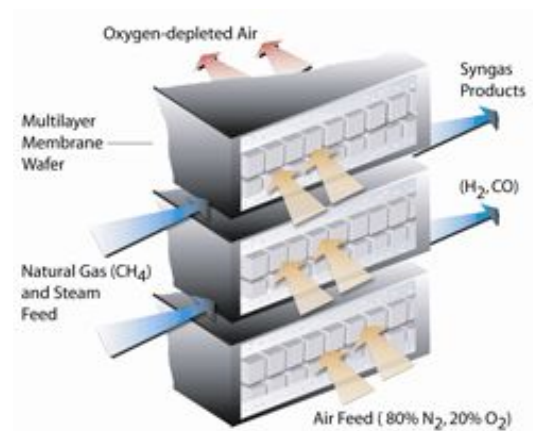
기술보유사	수준	Reforming	F-T synthesis
Sasol	34,000 b/d 건설중	Haldor-Topsoe ATR	Slurry, Co촉매
Shell	12,000 b/d 상용화	POX[무촉매]	FBR, Co촉매
ExxonMobil	300 b/d 실증화	Fluidized ATR	Slurry, Co촉매
Syntroleum	100 b/d 실증화	Air-ATR	Slurry, Co촉매
Rentech	235 b/d 실증화	ATR	Slurry, Fe촉매
ConocoPhillips	400 b/d 실증화	CoPOX [촉매부분산화]	FBR, Co촉매
BP	300 b/d 실증화	Compact Steam Reformer	FBR, Co촉매
JOGMEC	7 b/d 파일럿트	Steam-CO ₂ Reformer	Slurry, Co촉매
Axens+ Eni	20 b/d 파일럿트	Methanol SMR	Slurry, Co촉매
GTL F1 (Statoil+ PetroSA+ Lurgi)	1000 b/d 준상업화	Lurgi ATR	Slurry, Co촉매

2. 세계 GTL 시장의 현황 및 수요전망

□ GTL 시장의 현황

- GTL공정에 의해 생산되는 가스는 매년 세계가스 생산량의 0.1% 비율을 차지
- 미국은 GTL 청정연료프로그램(DOE's Ultra Clean Fuels Program)에 '03년부터 3년간 36백만 달러를 Demonstration Facility 건설에 투자하고 있으며, 또한 제조공정의 비용 절감을 목표로 세라믹 반응막 실증 플랜트 연구를 지원
 - 시기: 2003년~2005년
 - 건설비: 38백만달러 (정부지원 18백만달러, 48%)
 - 규모: 70 barrel/day
 - 참여기관: DOE, Syntroleum, Marathon Oil Co. 등

<그림 3-44> 미국 DOE의 GTL Demo. Facility 및 주요기술



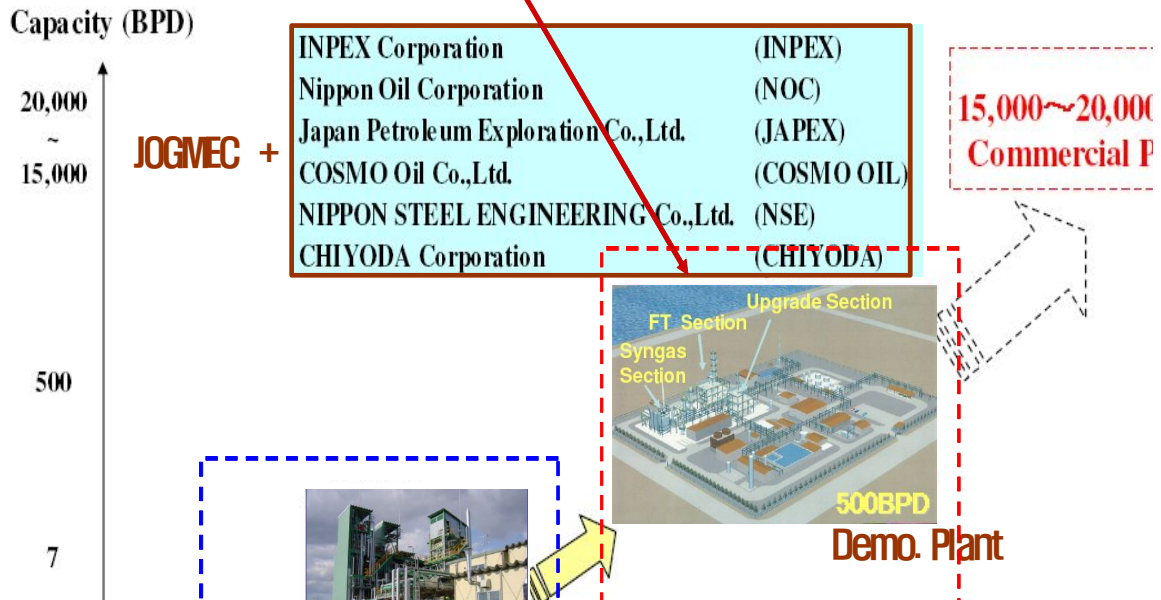
- Novel reforming catalysts.
- Nano-catalysts.
- Simplified reactor designs.
- Short contact time

- 일본은 석유공단에서 1998년부터 GTL 연구를 시작하여 2001년에 10 b/d 파일럿 플랜트를 건설하였음. JOGMEC-GTL pilot plant ('02년부터 40억엔 투자), '06년부터 대규모(360억엔, 데모 플랜트) 실증연구 등을 수행 중임
 - 시기: 2006년~2010년

- 예산: 360억엔 (정부지원 240억엔, 67%)
- 규모: 500 barrel/day (Demonstration Plant)
- 참여기관: JOGMEC(독립행정법인) + 민간기업 등
- 일본은 GTL 개발계획에서 2001년부터 Pilot Plant 건설에 약 40억엔(정부 지원 30억엔, 75%)을 기 투입한 바 있으며, 추가로 Demo. Plant를 추진하여 국제 컨퍼런스 및 위원회에서 적극적인 홍보 추진 중임

<그림 3-45> 일본의 GTL 플랜트기술 개발사례

GTL Demo. Plant 관련 총 사업비: 360 억엔(국)에서 240억엔 지원

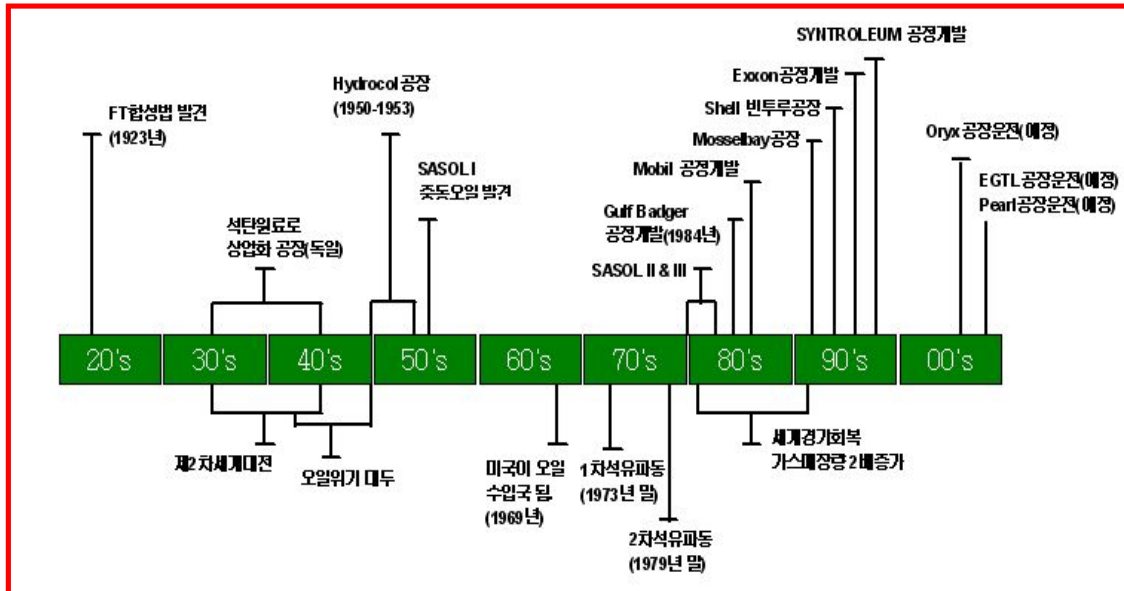


(a) 추진경과



(b) pilot & demo. plant 구축현장

<그림 3-46> 선두/후발기업의 기술개발 현황



- 남아공화국의 Moss Gas사는 Mossel 항에 천연가스를 원료로 SASOL사의 순환 유동층 Fischer Tropsch(FT)합성법을 사용한 간접액화법의 공장을 건설하여, 1993년부터 연간 약 60만톤의 액상탄화수소 (가솔린, 경유, 등유 등)를 제조
- 네덜란드 Shell사는 천연가스로부터 주로 경유를 제조하는 SMDS (Shell Middle Distillate Synthesis)공정의 기초생산기술을 완료하여, 말레이시아에 하루 1만 2500배럴 규모의 생산공장을 건설하여 1993년부터 조업을 시작했으며 1997년 12월 조업중단 이후 2000년 5월부터 재가동
- 카타르는 10조m³ 이상의 매장량으로 러시아, 이란에 이어 세계 3대 천연가스 보유국으로서, 단일 가스전으로서는 세계 최대 규모인 North Field를 가지고 있으며 정부와 외국 파트너들은 지금까지 LNG사업에 투자
 - 앞으로도 250억 달러 이상을 가스 프로젝트에 투자하여 세계 최대 GTL 생산국이 되는 동시에 LNG 부문에서도 2010년까지 3천톤의 생산용량으로 인도네시아를 제치고 세계 최대 수출국으로 부상한다는 계획
 - 카타르석유공사(QP)는 막대한 가스 매장량을 바탕으로 2003년 Shell 및 Sasol, Conoco Phillips과 플랜트 건설을 주요 내용으로 하는 GTL 관련

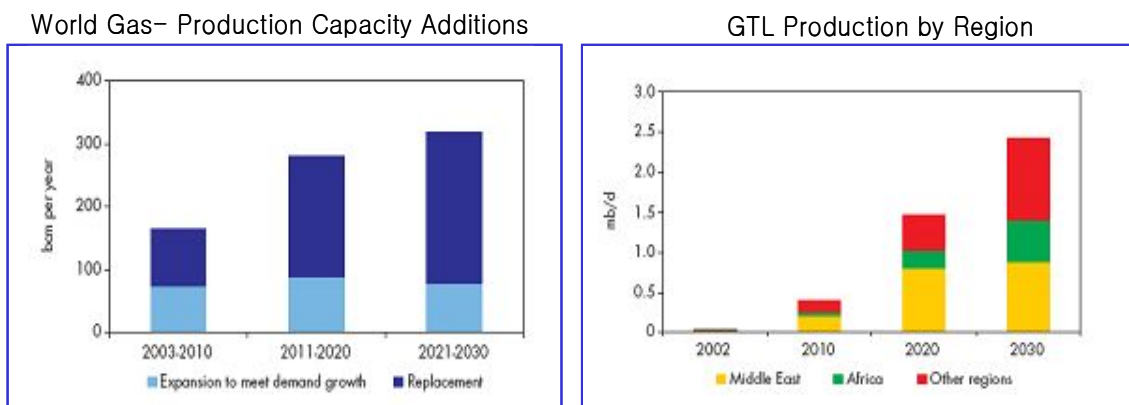
협약의 양해각서에 서명을 하고 플랜트 건설을 추진

- Shell사는 그동안 오랜 연구 결과로 1993년에 말레이시아의 Bintulu에 GTL 생산공장을 설립하여 하루 약 2만 배럴을 생산하여, 합성경유를 디젤연료 혼합용으로서 말레이시아, 미국(캘리포니아주)에 판매
 - 2002년 1월부터 태국에서는 Shell Pura Diesel의 이름으로 주유소에서 본격적으로 판매를 하고 있고, 그리스에서는 2003년 7월 부터 Shell Diesel 2004라는 GTL 연료를 판매
 - 2003년 10월에는 중동 카타르의 Ras Laffan 지역에 2009년부터 세계 최대 규모인 하루 14만 배럴(세계 디젤수요량의 3~4%)의 GTL 연료를 생산하기 위해 50억달러 투자계획을 발표하여 전 세계의 이목을 집중

□ GTL 수요전망

- 세계 가스수요 전망:
 - 세계적으로 천연가스의 수요는 2030년까지 2002년 대비 거의 2배 수준으로 증가하여 4,900 bcm에 이를 것으로 예상되며, 이를 원료로 하는 합성유 또한 2010년까지 0.4 Mb/d, 2030년까지 2.4 Mb/d에 이를 것으로 전망됨

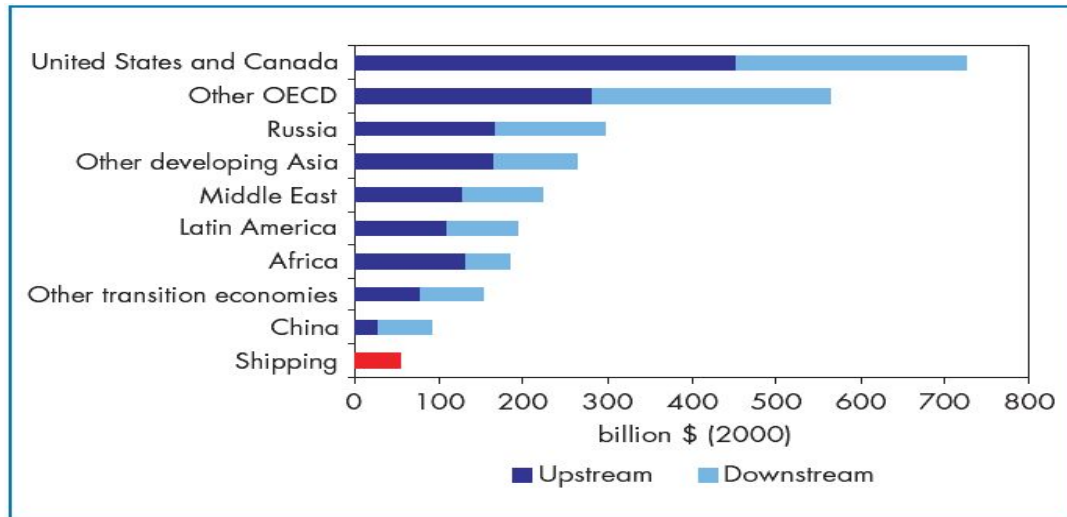
<그림 3-47> 2030년까지 세계 가스수요 전망 및 GTL 수요 전망



- 가스플랜트 투자전망(2003~2030년)
 - 가스부문의 투자금액은 향후 2030년까지 동안 총 2조 7천억 달러로서 연평균 약 1000억 달러임

- 이 중 절반 이상은 탐사 및 개발 분야에 사용될 것으로 전망되며, 나머지는 액화플랜트 및 수송 및 저장 등 하류(downstream)부분에 투자가 필요할 것으로 예측

<그림 3-48> 2030까지 가스부문 투자전망



- 가스 매장지역 중심으로 유관 플랜트와 지속 발주 예상: 2015년에 1~2백만 b/d 예측, '02년 대비 20배 이상 (출처: Alexander's Gas and Oil Connections, Sasol/Chevron 등)
- GTL 합성유의 생산은 원유가 30 \$/b 이상이면 경제성이 있는 것으로 분석되기 때문에(근거: 석유공사 2005년 보고서), 현재의 고유가가 지속되는 경우 GTL 사업은 매우 경쟁력 있는 산업으로 전개될 전망
- 한편, 청정한 액체연료인 GTL은 기존의 석유제품에 비하여 유황성분이 획기적으로 낮음(미국과 유럽, 일본 등 선진국에서 자동차용 연료인 경유의 황 함유량 규제치를 기존의 500 ppm에서 2004년부터 이미 50 ppm으로 강화하고 미래에는 10 ppm 이하로 규제를 강화시킬 전망)

<표 3-30> 잠재 시장규모¹⁸⁾

구 분	2006년	예상(2015년)
세계시장규모	219조원	292조원
한국시장규모	7.3조원	9.7조원

- 선진 업체의 천연가스로부터 합성가스를 거쳐 합성유를 생산하는 기술 수준은 Sasol/Chevron /Shell/ExxonMobil 등의 회사들에 의하여 15만 bpd 의 상용화가 가능한 수준이며, Syntroleum, Rentech, Conoco-phillips, BP, Synfuels 등의 후발업체에 의하여 활발한 추격이 이루어지고 있는 양상임
- 이와 같이 선진 각국에서 에너지안보 측면에서 국가전략산업으로 육성하고 있으며, 또한 건설비용이 10~20억 달러에 이르는 고부가가치 플랜트로서 차기 해외 플랜트시장을 주도 (5년 내 가시화)할 것으로 예측됨
- Sasol, Shell, ExxonMobil 등 선진기업이 GTL plant 원천기술(공정, 촉매 등)을 기반으로 시장 카르텔을 형성하고 있으며, 프랑스나 일본 등 후발업체는 기술 제휴 및 J/V를 통하여 시장진입을 시도하고 있음

18)○ 산출근거 (Source: International Energy Outlook, IEA, 2002, 에너지경제연구원 자료)

- 세계 시장 규모 (수송용 디젤연료 소모량) 2005년 1200만 b/d, 디젤가격 50 \$/b로 산출하여 연간 219조원 (12 x 106 b/d x 365 d/y x 50 \$/b = 2,190억 \$), 매년 3% 성장 가정 2015년 세계 시장 규모 1600만 b/d (292조원)
- 한국 시장 규모 (경유) 2005년 약 40만 b/d, 디젤가격 50 \$/b로 산출하여 연간 7.3조원, 매년 3% 성장 가정 2015년 한국시장 규모 9.7조원

<표 3-31> GTL 플랜트 건설계획

회 사	장 소	규모(배럴/일)	상 황
Sasol-Chevron	Ras Laffan, 카타르	65,000	계 획
Sasol-Chevron	Ras Laffan, 카타르	130,000	계 획
ExxonMobil	North Field, 카타르	154,000	계 획
ConocoPhillips	North Field, 카타르	160,000	계 획
Marathon Oil	North Field, 카타르	120,000	계 획
BP	콜롬비아	50,000	계 획
Syntroleum	Aje Field, 나이지리아	10,000	계 획
Syntroleum	Burrup Peninsula, 호주	15,000	계 획
PetroSA, Statoil	Assaluyeh, 이란	70,000	계 획
Shell	인도네시아	70,000	계 획
Shell	이집트	75,000	계 획
EM, BP, ANGTL	North slope, 알래스카	100,000	계 획
Sasol, ANGTL	North slope, 알래스카	50,000	계 획
Sasol-Chevron	호주	30,000	계 획
Shell	호주	75,000	계 획
Shell	아르헨티나	75,000	계 획
PDVSA	베네주엘라	15,000	계 획
Syntroleum	페루	5,000	계 획
Rentech	파푸아 뉴기니	15,000	계 획
Rentech	볼리비아	10,000	계 획

- 이러한 GTL 프로젝트 추진으로 유황 함유율이 제로에 가까운 고세탄, 저아로마틱 디젤 및 나프타를 생산하여 세계시장에 판매할 예정으로 GTL 연료가 기존 연료보다 청정하며, 디젤엔진에 용이하게 채택되어 배기가스가 감소되고 전체적인 효율을 높여줄 것으로 전망되고 있으므로 향후 지속적인 수요 증가가 전망

3. GTL 산업 및 경쟁구조 분석

1) 리스크 분산을 위한 컨소시엄

- ☐ 대부분의 플랜트 프로젝트는 사업 규모가 크고 완공까지 소요기간이 길며 기술의 난이도가 높아 리스크가 매우 높음
- ☐ 따라서 프로젝트에 참여하는 EPC 업체들은 리스크 분산을 위해 여타 업체와 컨소시엄 구성
 - 카타르 Oryx GTL프로젝트 입찰도 Chiyoda, JGC 등 주요 업체들은 미쓰비시 중공업, Snamprogetti, Halliburton KBR 등 자국 또는 외국 업체와 컨소시엄 구성
- ☐ 선진기업은 원천기술과 수행경험을 보유하고, 카르텔을 형성하여 시장을 독점
 - 선진 기술사 그룹(Sasol, Shell, ExxonMobil)
 - GTL 플랜트 원천기술(공정, 촉매 등)을 기반으로 일부 제한된 EPC 업체와 플랜트 시장 카르텔을 형성하고 있는 상황
 - 후발 그룹 (Axens, 일본 JOGMEC, Syntroleum, Rentec, Synfuels)
- ☐ 일본은 경쟁/특화기술 확보하여 기술제휴, 해외 컨소시엄 참여
 - Chiyoda (과거): 우수한 액화·제조설비, LNG 인수설비 설계기술
 - JGC (현재): Biomass, DME 등 신에너지 독자기술 개발에 투자
 - JOGMEC (현재): GTL 개발 컨소시엄 주도
 - 국내 가스플랜트는 자체 기술 개발보다는 외국으로부터 도입되는 기술 용역을 소화시키는 수준이며, 주 관심의 대상은 외국으로부터의 기술/설계사항을 도입하는 수준

- 미국, 일본과의 플랜트 산업 각 부문에서의 수준을 평가해 보면 플랜트 설계 단계에서의 원천기술 개발 및 원천기술을 이용한 기본설계 부문이 취약

□ 국내 사례(현대건설의 첨단 자재시공관리 시스템)

- 현대건설의 GTL시장 경쟁력에는 현대건설이 자체 개발한 첨단 자재시공관리시스템(HPMAC; Hyundai Piping MAterial Control System)
 - 이 시스템은 설계도면 상에 표시된 수치만 입력하면 공정에 따른 필요 인력과 자재·공급시기 등이 자동으로 표시되는 첨단 공정관리 기법으로 이를 통해 효율적인 공사 진행 및 공정관리 등이 가능

2) 전문화된 영역의 역할분담을 목적으로 한 전략적 제휴

□ 선진외국 업체들은 영업전략과 신기술확보 목적으로 업체간 전략적 제휴를 수시로 시행

- EPC 업체인 일본의 JGC는 Shell이 추진중인 4기의 GTL 프로젝트 기본 설계 분야에 참여하여 엔지니어링 분야 강화를 위해 KBR과 J/V로 M자를 설립하여 운영
- Rentech, Jacobs, CCC 3개사는 공동 GTL 개발을 위해 Rentech,는 전문기술, Jacobs는 엔지니어링 서비스, CCC는 건설부문을 담당하고 있음

□ 선진 EPC 업체들은 중동 등 주요 시장을 중심으로 우리나라를 비롯한 후발 EPC 업체들과 수주경쟁이 심해지자 이에 대한 방안으로 지나친 가격경쟁을 회피하고 차별화된 고급서비스를 제공할 수 있는 석유메이저 발주 EPC 프로젝트를 선호

- Foster Wheeler의 경우 EPC 공사에서 과다 경쟁을 피하기 위해 FEED나 PMC위주로 사업을 전개
- EPC 공사는 지역적으로 강점이 있고 외국업체와 협력하는 경우 예외적으로

참여

- Fluor와 Snamprogetti도 발주자, 지역, 계약형태, 경쟁력 등을 종합적으로 고려하여 고도의 기술이 요구되는 EPC 공사에만 참여
- Sasol, Shell 등 주요 개발회사는 GTL 프로젝트 추진시 FEED와 EPC 분야를 외주로 실시하는데 이는 동 분야를 전문 EPC 업체에 발주함으로써 역할 분담에 의한 비용과 시간을 절감하려는 전략
- 개발회사들은 사업계획 입안과 사업관리, 자본조달분야 위주로 프로젝트에 참여한다는 입장 견지
- 선진 EPC 업체들은 과거 중동지역의 LNG 등 가스분야 프로젝트에 개발회사와 공동으로 참여한 경험과 실적을 보유
- 특히, 일본의 JGC는 말레이시아 빈투루 프로젝트, 프랑스의 Technip은 카타르 Oryx 프로젝트에서 각각 EPC 공사를 수행하여 GTL 부문의 선두주자로 부상
- 국내 사례(라스라판 산업단지의 GTL공사 수주)
 - 2009년 5월 현대건설은 카타르 셸(Shell)이 라스라판 산업단지에서 발주한 13억 달러(약 1조2350억원) 규모의 GTL공사를 국내 최초로 수주
 - 그동안 일본·유럽 일부 업체가 독점적으로 수행해오던 공정을 현대건설이 개척
 - 현대건설은 전체 8개 패키지 중 정제된 가스를 액화시키는 핵심공정인 LPU(Liquid Processing Unit :액화처리공정) 공사 담당

4. GTL의 기술력 분석

1) 국내 GTL 기술 수준

- 국내의 FT 반응에 대한 연구는 청정연료를 겨냥하기 보다는 알파올레핀 또는 윤활기유의 생산을 목표로 수행되었으며 middle distillate의 제조의 기술수준은

매우 취약

- 국내의 F-T 촉매 개발경험은 이산화탄소의 수소화를 목표로 하였기 때문에 거의 철(Fe)계 촉매만을 개발대상이 되었으며, 최근 들어 일산화탄소의 수소화를 위하여 코발트 촉매를 시험한 바 있으나 아직 독자적인 촉매개발이 되지는 않음
- 최근의 선진국의 추세에 맞추어 고효율/선택성의 코발트 촉매의 개발이 시급한 것으로 분석됨
- 이제까지의 국내 FT 반응공정 개발은 FBR 위주로 수행되었으며 실험실 규모에서 기초적으로 슬러리 반응기를 시험한 바 있으나 이산화탄소의 수소화에는 적합하지 않아 중단
- GTL을 위한 FT 반응공정의 개발을 위해서는 고효율 슬러리 반응기의 개발이 필요함. F-T 합성공정의 확대규모 연구 수준이 외국에 비하면 매우 취약
 - 구미에 비해 뒤늦은 일본의 경우도 7~8 bbl/d 수준이나 국내는 CO₂/H₂를 원료로 한 F-T 합성에서 <0.1 b/d 수준에 있음) 국내의 경우 GTL 통합공정 기술은 전무
- 국내의 F-T 합성반응에 대한 연구는 한국화학연구원, 엘지환경연구원, 경희대 등에서 지난 10년간 이산화탄소의 활용 또는 바이오매스의 활용 목적으로 연구과제로 수행되어 산업재산권을 확보하고 있으나 경제적인 수소 공급의 어려움 때문에 활용되지 못하는 실정
- 이산화탄소의 수소화의 경우는 mini-pilot 수준(<0.1 barrel/day)의 개발까지 진행
 - 국내의 FT 촉매 개발경험은 이산화탄소의 수소화를 목표로 하였기 때문에 거의 철계 촉매만을 개발대상이 되었으며 최근 들어 일산화탄소의 수소화를 위하여 코발트 촉매를 시험한 바 있음
- 이와 같이 GTL의 핵심 플랜트 건설 관련 EPC 기술개발 및 국제 컨소시엄 건설기술 개발 및 국제 컨소시엄 참여 실적은 전무하며, 핵심 공정 (합성가스제

조, GTL 합성유 제조)의 경우 기술보유업체 (Shell/JGC)에 의해 독점적으로 주도되고 있음

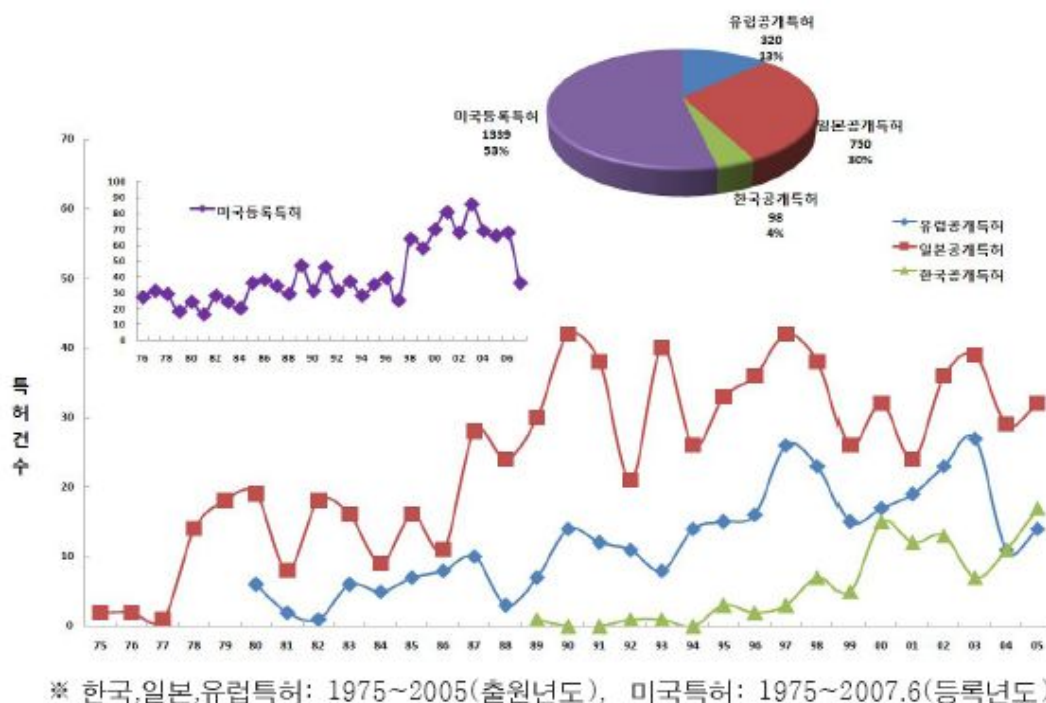
2) 특허분석 종합

□ GTL 분야 특허의 연도별 동향

○ GTL분야에는 미국등록특허가 1339건(53%), 일본공개특허 750건(30%), 유럽공개특허 320건(13%) 한국공개특허 98건(3%) 순임

- 미국등록특허는 1975년도에 첫 출원하여 2001년도에 최다 출원, 일본은 1975년 첫 출원하여 90년도에 최다 출원, 유럽은 1980년에 첫 출원 97년 최다 출원하였으나 한국은 가장 늦은 1989년 첫 출원하여 전 세계 특허의 비중이 낮음

<그림 3-49> GTL의 특허공보별 점유율 및 특허출원 추이



□ 전 세계 국가별 주요 출원인

- 각국 특허의 주요 출원인을 다건 출원순으로 정리한 것으로 미국특허에서는 Mobil Oil사(49건), 한국특허 Exxon Research and Engineering사(21건), 일본특허 HITACHI사(44건), 유럽특허 Exxon Research and Engineering사(17건)
 - Mobil Oil사는 미국특허에서는 최다출원인이며, 유럽특허에서는 9건으로 4위를 차지할 만큼 미국과 유럽에서 다건출원하여 미국과 유럽을 타겟시장으로 삼음
 - Exxon Research and Engineering사는 일본특허를 제외하고 상위 3위안에 포함되며, 가장 다건을 보유했으며, 자국(미국), 한국, 유럽시장을 타겟시장으로 삼음
 - MITSUBISHI HEAVY사(44건)와 동일한 건수로 일본특허에서 다수 출원하여 일본시장을 타겟으로 함
 - INST FR PETROLE사는 유럽특허에서 16건을 출원하여 2위를 했으며, 미국 특허 25건, 한국특허 3건으로 유럽과 미국시장을 타겟으로 함

<표 3-32> 전 세계 국가별 주요 출원인 Top 10

순 위	미국		한국		일본		유럽	
	특허권자	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	Mobil Oil Corporation(미국)	49	ExxonMobil & Engineering Co.(미국)	11	HITACHI LTD(일본)	44	INST FR 7PETROLE(프랑스)	16
2	Exxon Reserch and Engineering Company(미국)	34	Exxon Reserch and Engineering Company(미국)	11	MITSUBISHI HEAVY IND LTD(일본)	44	Air Products and Chemicals,(미국)	11
3	Air Products and Chemicals,(미국)	32	Sasol Technology Limited(남아공)	6	TOSHIBA CORP(일본)	23	ExxonMobil & Engineering Co.(미국)	10
4	ExxonMobil & Engineering Co.(미국)	27	SHELL INTERNAL RES MAATSCHAP PIJ BV(네덜란드)	5	SANYO ELECTRIC CO LTD(일본)	22	Mobil Oil Corporation(미국)	9
5	Chevron U.S.A Inc.(미국)	29	ENERGY INTERNATIONAL CORPORATION(미국)	3	ISHIKAWAJI MA HEAVY IND CO LTD(일본)	20	MITSUBISHI HEAVY IND LTD(일본)	8
6	Shell Oil Company(미국)	26	INST FR PETROLE(프랑스)	3	MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD(일본)	18	Exxon Reserch and Engineering Company(미국)	7
7	INST FR PETROLE(프랑스)	25	KRICT(한국)	3	MITSUI ENG & SHIPBUILD CO LTD(일본)	17	LG ELECTRONICS IND.(한국)	7
8	UOP INC.(미국)	24	주식회사 경동도시가스(한국)	2	OSAKA GAS CO LTD(일본)	17	SHELL INTERNAL RES MAATSCHAPPI J BV(네덜란드)	6
9	Conoco Phillips Company(미국)	19	현대중공업 주식회사(한국)	2	NIPPON STEEL CORP(일본)	14	Ethyl Corporation(미국)	5
10	Hylsa S.A. de C.V.(멕시코)	19	ExxonMobil & Engineering Co.(미국)	2	MITSUBISHI ELECTRIC CORP(일본)	11	STATOIL ASA(노르웨이)	5

1. 제 1출원인 기준

2. 분석구간: 한국, 일본, 유럽- ~2005년(출원연도), 미국- ~2007년(등록연도)

□ 미국의 특허로 본 우리나라의 기술 수준

- 미국이 특허 등록건수와 기술력 지수 두 구간에서 모두 1위를 차지 하였으나, 영향력지수에서는 '98~'02년 구간에서는 모두 낮은 지수를 보여 순위에 들지 못하였고, '03~'07년 구간에서는 2.4를 보여줘 최근구간에서 질적상승을 보여 준 것으로 나타남
- '98~'02년에서 영향력 지수(PII)에서 1위한 베트남은 '03년~'07년에 상위권에서 밀려나 질적수준이 하락한 것으로 판단되며, 덴마크는 '98~'02년 1.5에서 '03년~'07년에 3으로 상승하면서 '03~'07년에는 영향력 지수(PII) 2위로 질적수준이 상승한 것으로 판단되며, 한국은 '03~'07년에 0.1로 하락하여 질적수준이 하락한 것으로 나타남
- 기술력 지수(TS)는 미국, 일본, 프랑스, 영국이 '98~'02년과 '03~'07년에 높은 것으로 나타났고, 한국은 기술력 지수가 '98~'02년에는 3에서 '03~'07년에는 0.8로 하락한 것으로 나타남

<표 3-33> 미국특허에서 국가별 기술수준 순위

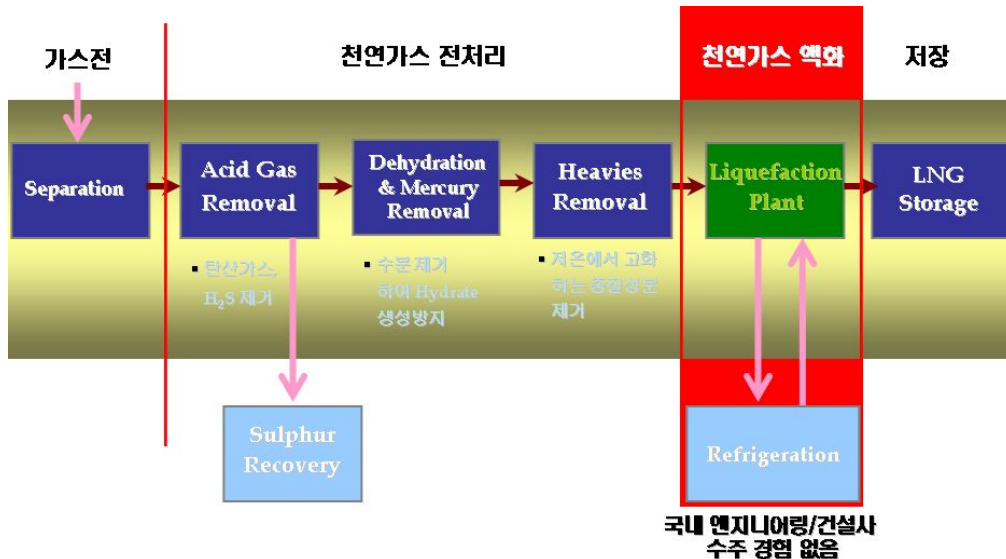
특허등록건수				영향력지수(PII)				기술력지수(TS)			
'98~'02		'03~'07		'98~'02		'03~'07		'98~'02		'03~'07	
미국	172	미국	195	베트남	3.8	인도	9.9	미국	218.1	미국	475.8
일본	38	일본	29	이탈리아	2.3	덴마크	3	일본	26.7	일본	42.7
프랑스	21	프랑스	14	오스트리아	1.5	프랑스	2.7	프랑스	15.2	프랑스	38.1
캐나다	10	한국	11	호주	1.5	미국	2.4	독일	12.2	독일	21.3
노르웨이	10	영국	10	덴마크	1.5	독일	2.4	영국	5.3	영국	16.8
독일	9	독일	9	한국	1.5	네덜란드	1.9	이탈리아	4.6	인도	9.9
한국	2	남아프리카	7	러시아	1.5	한국	0.1	한국	3.0	한국	0.8

제 5절 천연가스(LNG)

1. LNG(천연가스) 산업의 개요

- LNG (liquefied natural gas)기술은 주성분이 메탄인 천연가스를 초저온(약 -162℃) 액화공정을 통하여 액체연료로 전환하는 기술로서, 액화되면 부피가 가스 상태의 약 1/600로 감소하여 보관 및 운송이 용이해짐. 이렇게 생산된 LNG는 수요처에서 다시 기체로 전환하여 사용되며, 일반적인 LNG 생산 프로세스는 아래 그림과 같음

<그림 3-50> 천연가스 액화 생산에서 저장까지의 필요 공정과 설비

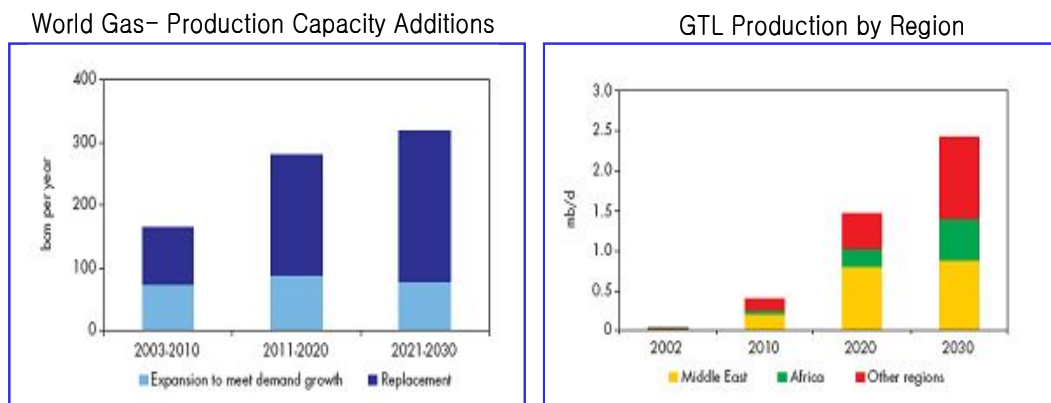


- 가스전 개발과 가스생산분야는 가스전으로부터 천연가스를 추출하는 공정으로 공개된 기술이 많아 특허나 라이선스(license)에 대한 구속이 낮은 편이며, 가스 생산을 위한 기자재나 장비의 제작기술이 보다 중요하게 평가됨. 그리고 가스 전처리 분야는 생산된 가스의 수분을 Dehydration 공정으로 없애고 CO₂, H₂S 등의 불순물을 제거하는 기술로서 역시 공개된 기술이 많음
- 천연가스를 액화하기 위한 사이클에는 Joule-Thomson 팽창, 팽창기관, cascade 방식 등이 있으며, cascade 방식이 천연가스의 액화에 경제적인 것으로 평가됨. 이러한 방식의 선택은 플랜트 사업성에 큰 영향을 미치는 인자로서 플랜트의 규모, 가스의 조성, 목적, 입지 등을 고려하여 열역학적 유용성, 건설비, 운전비

등을 감안하여 종합적으로 평가하여 결정함

- LNG (liquefied natural gas): 천연가스를 초저온 액화공정을 통하여 물리적인 액체연료로 전환하는 기술로서, 이렇게 생산된 LNG는 수요처에서 다시 기체로 전환하여 사용하는 기술
 - GTL (gas to liquids): 주로 천연가스를 화학적으로 재조합하여 F-T 합성경유, 납사, 메탄올, Dimethyl Ether 등과 같이 기존 석유를 대체할 수 있는 액체원료나 연료로 전환하는 기술
- 세계적으로 천연가스의 수요는 2030년까지 2002년 대비 거의 2배 수준으로 증가하여 4,900 bcm에 이를 것으로 예상되며, 이를 원료로 하는 합성유 또한 2010년까지 0.4 Mb/d, 2030년까지 2.4 Mb/d에 이를 것으로 전망됨

<그림 3-51> 2030년까지 세계 가스수요 전망



자료: IEA(2004)

- 가스부분의 투자금액은 향후 2030년까지 동안 총 2조 7천억 달러로서 연평균 약 1000억 달러임. 이 중 절반 이상은 탐사 및 개발 분야에 사용될 것으로 전망되며, 나머지는 액화플랜트 및 수송 및 저장 등 하류(downstream)부분에 투자가 필요할 것으로 예측됨
- 가스플랜트분야의 해외 진출시 EPC 실증기술 요구에 대응할 수 있는 독자기술이 필요

로 평가되고 있으며, 선진 각국에서 에너지안보 측면에서 국가전략산업으로 육성하고 있음

○ 또한 기존 화석연료(석유류) 가격의 급등 추세가 지속됨에 따라 중소규모의 가스전 개발과 소각되어 버려지는 가스(flared gas)의 활용에 메이저 석유회사들의 관심이 증가하고 있으며, 세계 각국 정부 역시 에너지 안보 차원에서 가스전 개발을 위한 정치/외교적 역량을 기울이고 있음

○ 이러한 고유가시대의 도래와 불안한 세계 석유시장에서의 주요국의 에너지 확보전략은 해외 가스전의 개발과 이를 통한 천연가스, 신개념 석유(GTL) 등을 확보하는 것임

○ 이러한 고유가시대의 도래와 불안한 세계 석유시장에서의 주요국의 에너지 확보전략은 해외 가스전의 개발과 이를 통한 천연가스, 신개념 석유(GTL) 등을 확보하는 것임

□ LNG플랜트는 앞서 필요성에서도 설명한 바와 같이 우리 기업이 해외 플랜트 시장에서 지속적인 성장을 담보할 수 있는 사업모델과 기술임

○ 석유가격의 상승세가 지속될 전망으로 중소형 가스전을 대상으로 우리 기업의 독자적인 해외 가스전 개발과 생산기술의 확보가 필요

○ 가스 플랜트 분야의 핵심공정에 실질적으로 참여한 실적은 없으나, 그동안 정유나 석유화학 등의 분야에서 수행한 실적을 감안하면, 상세설계 및 건설사업 관리 분야에서 확보된 기술력을 바탕으로 기술개발 및 상용화에 대한 잠재력은 매우 큼

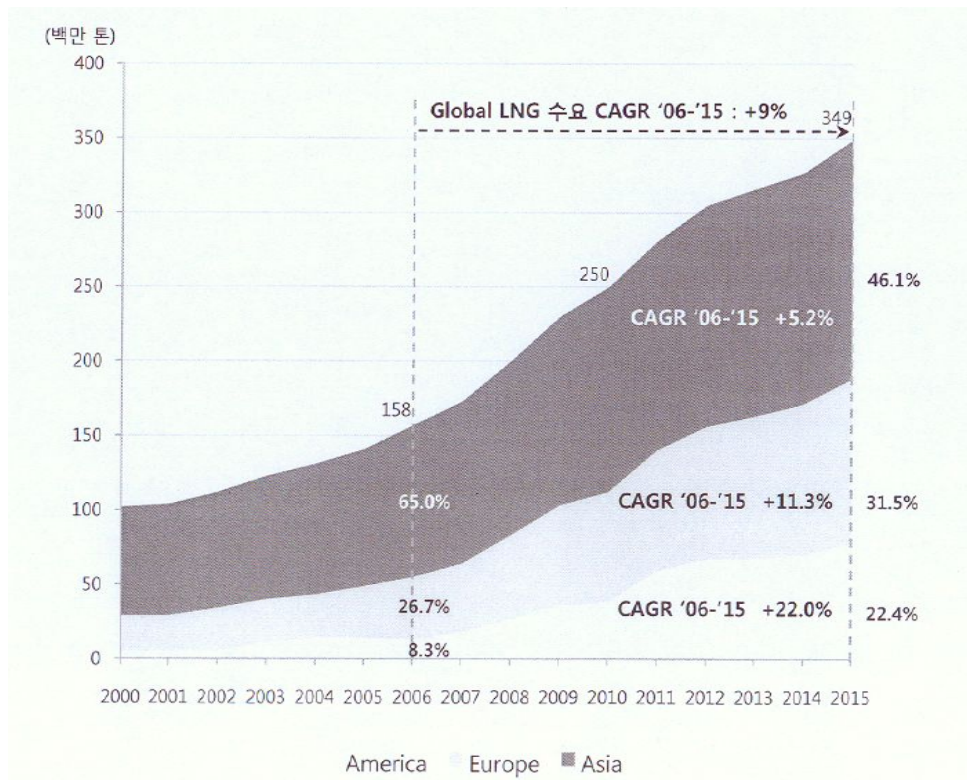
○ 또한 가스플랜트는 산업의 전후방 연관효과가 크고 국제적인 환경 규제 및 에너지 안보 측면에서 그 파급효과가 매우 큰 중요한 기술임

- 플랜트산업의 전후방 연관효과: 94% (제조업: 57%, 서비스업: 39%)
- 고부가가치창출 효과: 건설비용이 1~10억 달러 이상
- 청정연료 경제구조로 전환에 따른 선진국의 기술투자 확대
- 주요국의 에너지 확보전략: 천연가스, 신개념 석유(GTL) 개발

2. 세계 LNG 시장의 현황 및 수요전망

- Wood Mackenzie, Poten Partners, Cedigaz 등의 전문 기관들은 2006~2015년 기간 LNG수요는 연평균 9%씩 증가할 것으로 전망되며, 2015년에 약 349백만 톤이 될 것으로 예상됨

<그림 3-53> LNG 수요 전망



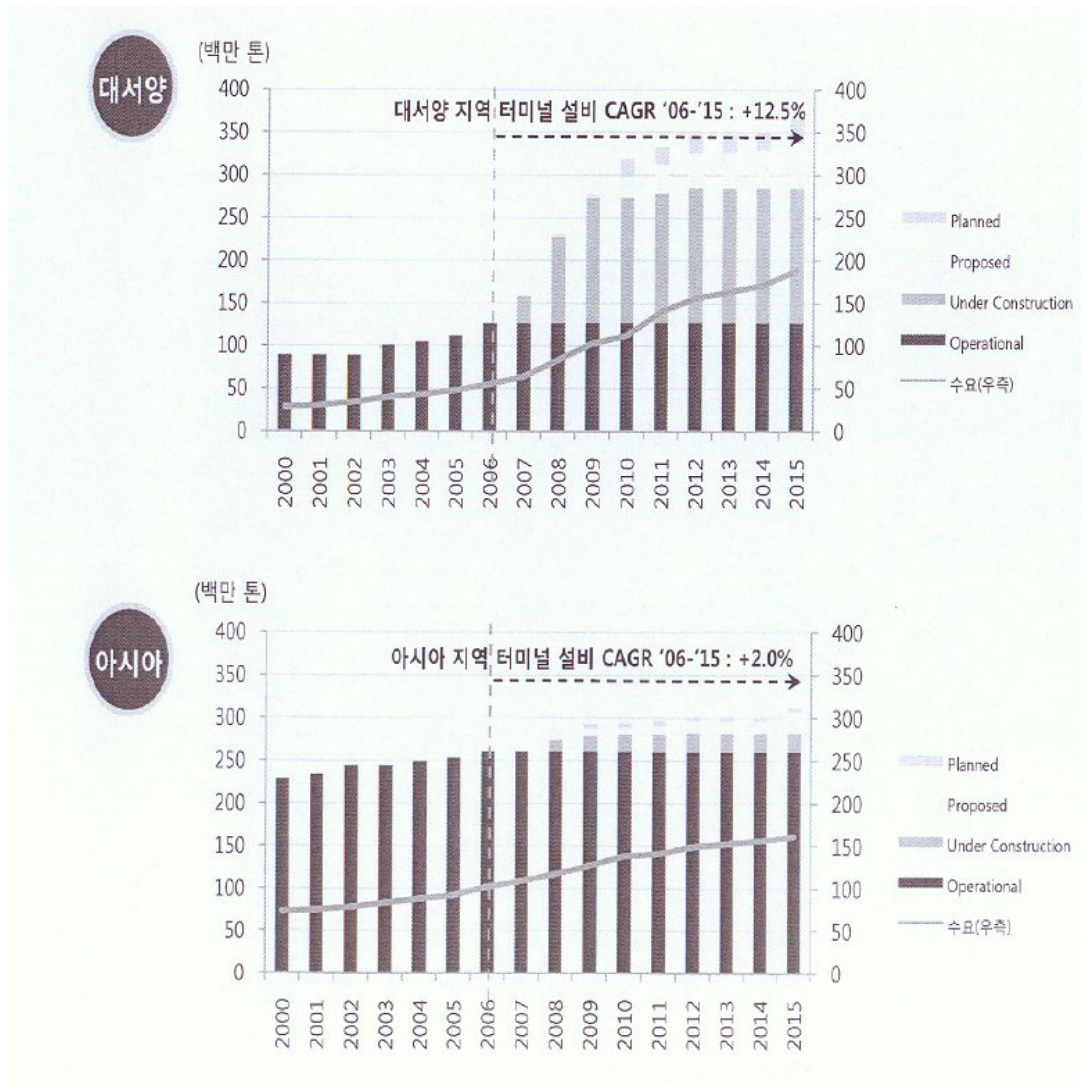
- 전세계 수요 증가는 미국(18%)과 영국(27%) 등 대서양 지역 국가의 수요(15%)가 견인할 것으로 전망됨
- EIA(2008)는 2006~2030년간 미국의 가스 공급량 증가분의 95%를 LNG수입으로 충당할 것으로 전망하고 있음
- 아시아 지역의 수요는 연평균 5%정도 성장할 것으로 전망되며, 중국(45%)과 인도(15%)가 견인할 것으로 전망됨
- Demand Power가 아시아에서 대서양쪽으로 이동할 것으로 예상됨(2006년 대서

양 지역의 수요 비중: 35.0% → 2015년 대서양지역 수요 비중: 53.9%)

□ LNG 터미널 설비는 LNG 수요변화를 반영하여 북미와 영국 등 대서양지역에서 크게 증가할 것으로 예상됨

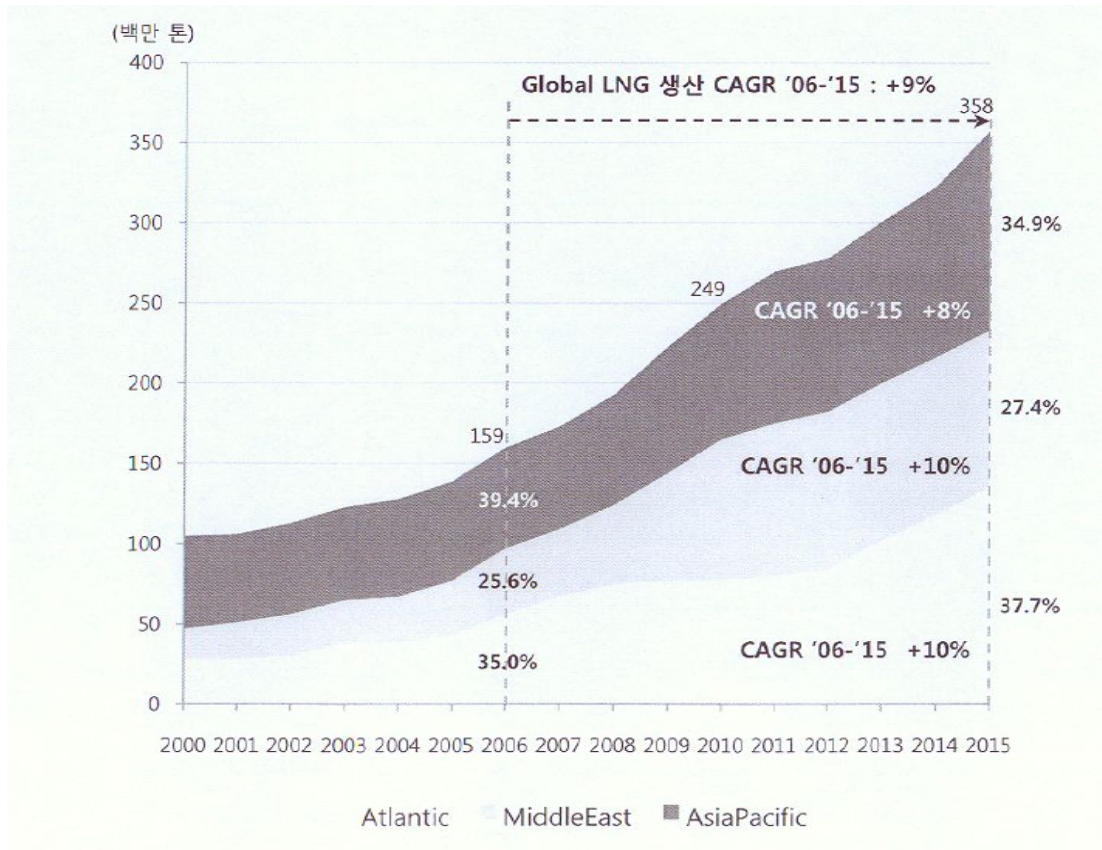
- 대서양 지역 터미널 설비의 급증: 북미('06~'15 CAGR: 17.5%: 153.2백만 톤), 유럽('06~'15 CAGR: 8.4%: 85.3백만 톤), 아시아('06~'15 CAGR: 2.0%: 51.9백만 톤)
- 2015년 LNG터미널 잉여설비 수준은 대서양이 196백만t/a(54%: '06:-57%), 아시아는 134백만t/a(43%: '06:-61%)임
- 중국과 인도의 LNG 수요가 역내 수급 구조에 미치는 영향은 예상보다 크지 않을 것으로 예상됨(중국은 러시아와 중앙아시아로부터 PNG를 도입할 예정이며, LNG 가격 상승으로 석탄 소비 증가)
- 미국과 영국은 LNG 수요가 아시아 국가의 물량확보에 장애요인 또는 가격 상승요인으로 작용할 가능성이 높음

<그림 3-54> LNG 터미널 설비 전망



- 반면 2006~2015년 기간 전세계 LNG공급은 연평균 9% 증가해서 약 358백만톤에 이를 것으로 전망됨
- 중동과 대서양지역의 공급이 크게 증가하면서 아시아 비중은 감소할 것으로 전망됨
- 아시아에는 호주의 공급 비중이 크게 증가할 것으로 예상됨
- Supply Power Shift는 아시아에서 대서양으로, 아시아지역은 동남아에서 호주/사할린 등으로 이동할 것으로 예상됨

<그림 3-55> LNG 공급 전망



- 특히 이러한 공급구조의 변화 속에서 액화설비 증설은 나이지리아, 카타르, 호주 가 견인할 것으로 전망됨
- '07~'15년까지 3개 국가의 Capacity 증설: 호주(+68.6백만 톤), 카타르(+51.5백만 톤), 나이지리아(+44.1백만 톤)될 것으로 예상됨
- 2015년 3개 국가의 LNG Capacity는 전세계 설비의 52%, 생산량의 49%를 담당할 것으로 전망됨.(호주: 83.7백만 톤: World 비중: 19.4%, 카타르: 77.2백만 톤: World 비중: 17.9%, 나이지리아: 62백만 톤: World 비중: 14.4%)
- 2015년 LNG 액화설비 가동률은 아시아: 67%, 대서양: 93.5%, 중동: 97.7%로 예상됨

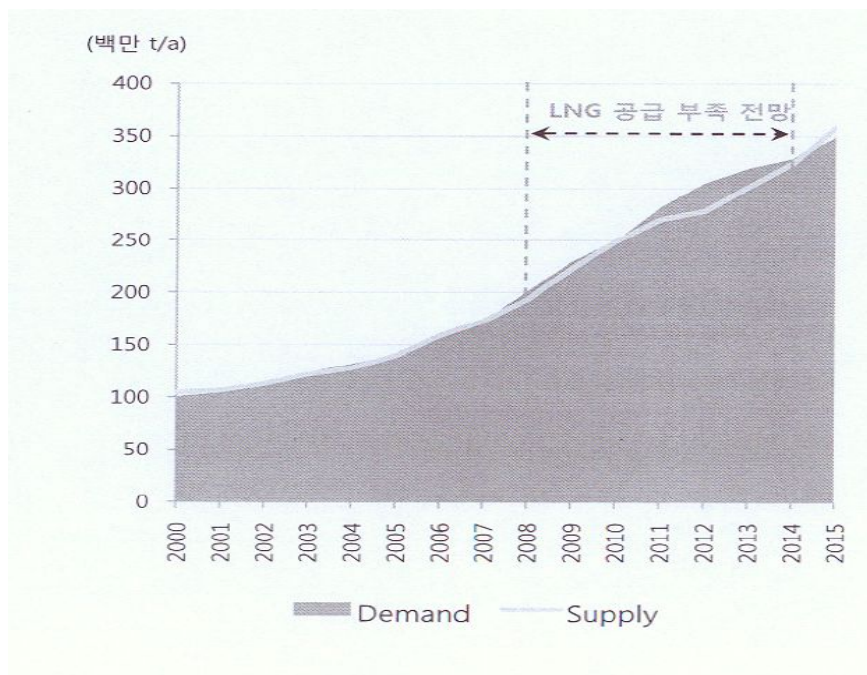
○ 아시아 가동률(전망)이 다른 지역보다 낮은 이유는 호주 증설 계획이 불확실하기 때문임(실제 생산량은 44백만 톤으로 전망)

□ 이에 따라 2008~2014년 기간 전세계 LNG 수급이 단기적으로 공급 부족이 예상된다

○ 북미와 영국 등 대서양지역 LNG 수요의 급증, 인도와 중국 등 신흥개발국가의 수요 증가, 전통적인 아시아 수요의 강세가 주요한 원인임

○ 일부 신규 프로젝트 투자 지연 및 건설 중인 프로젝트의 가동 지연에 따른 공급측면의 불안요인도 증가

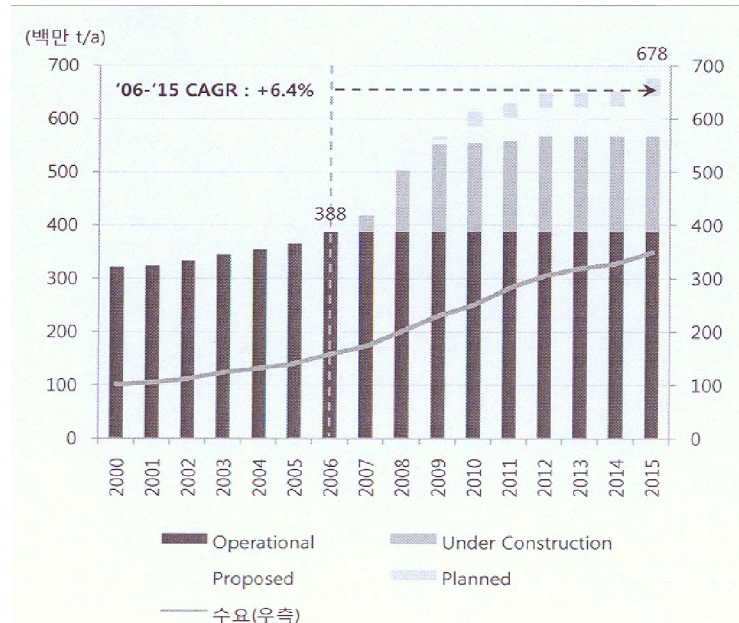
<그림 3-56> LNG 수급 Balance 전망



자료: UBS(2007) 산업전망

□ LNG 터미널은 2006~2015년 기간 연평균 6.4%의 설비증설이 예상되며, 액화플랜트 설비는 9.8% 증가할 것으로 예상된다

<그림 3-57> LNG 설비 Capacity 전망(수요)



자료: UBS(2007) 산업전망, 기업별 LNG프로젝트 공시내용 종합

- 2015년 터미널설비(Regasification) 가동률은 51%(06년 41%)이며, 액화설비 가동률은 83%(06년 90%)로 전망됨
- LNG 수급균형을 위한 액화설비 중설의 중요성이 부각되고 있지만 공급제약 요인이 크게 증가하고 있음
- EPC Cost의 급증과 Cash Constraint: 신규 프로젝트 투자비가 2배 이상 상승하면서 평균 500\$/TPA(700\$/TPA 이상 등장)
- EPC Vendor의 부족과 Backlog 물량의 급증에 따른 프로젝트 지연
- 사업자의 Higher LNG Price에 대한 장기적인 확신 부족

<그림 3-58> LNG 설비 Capacity 전망(공급)



자료: UBS(2007) 산업전망, 기업별 LNG프로젝트 공시내용 종합

3. LNG 산업 및 경쟁구조 분석(Global Mega Trend)

1) Seller's Market: 수요급증 & 공급계약

□ 2003년 이후 가격 및 물량 등 판매조건의 결정권이 공급자에게 이전되는 Seller's Market을 형성

○ Seller's Market은 북미와 유럽(스페인, 영국)의 견조한 LNG 수요 증가 및 인도, 중국 등 신흥 개발국가의 수요 증가에 기인함

○ 공급측면의 불안요인이 Seller's Market을 고착시키고 있음

□ 2003년 이후 LNG 수요의 급증 원인을 구체적으로 살펴보면 아래와 같음

- 미국, 영국 등 대서양 연안 국가의 LNG 수요가 전체수요를 견인하고 있음. 미국은 캐나다의 PNG 수출이 감소하면서 증가하는 자국의 가스 수요를 LNG로 충당할 계획; 2005~2030 기간 가스 공급의 95%를 LNG 수입으로 대체할 전망, by EIA 2007)
- 2004년부터 인도와 중국이 LNG 수입국으로 등장하였으며, 중국은 가스 수요의 증가 추세와 LNG, PNG 가격 수준에 따라 12개까지 터미널을 확대할 가능성이 있음(2007년 기준 2015년까지 Possible 전망은 5개 건설/운영)

<표 3-34> 주요 국가별 LNG수요

구분	1980	2000	2006	2015	2030	연평균증가율 2030~2060
OECD	958	1,407	1,465	1,645	1,827	0.9%
북미	659	799	766	848	908	0.7%
미국	581	669	611	652	631	0.1%
유럽	264	478	541	614	694	1.0%
태평양연안	35	130	158	183	225	1.5%
일본	25	82	94	104	128	1.3%
non-OECD	559	1,135	1,451	1,867	2,607	2.5%
동유럽/유라시아	438	606	676	779	846	0.9%
러시아	n.a.	395	444	507	524	0.7%
아시아	36	185	285	414	666	3.6%
중국	14	28	58	121	221	5.8%
인도	1	25	38	57	117	4.8%
중동	36	182	276	378	676	3.8%
아프리카	14	62	90	124	168	2.6%
남미	36	100	124	174	252	3.0%
브라질	1	9	21	32	46	3.3%
전 세계	1,517	2,541	2,916	3,512	4,434	1.8%
EU	n.a.	482	532	606	681	1.0%

자료: IEA(2007)

□ 2003년 이후 LNG 공급의 제약 요인을 구체적으로 살펴보면 아래와 같음

- 2010년 가동을 목표로 하는 신규 프로젝트는 수년 전에 비하여 평균 투자비가 2~3배까지 증가하는 추세임
- 이러한 Cost 증가는 에너지 시장의 전반적인 활황으로 인한 원자재/장비가격의 상승과 전문인력의 부족 등에 기인하며, 최종 투자결정 및 프로젝트 Delivery 지연으로 이어지고 있는 상황임

□ 현재 가치사슬 모든 분야에서 Global Competition의 심화되고 있음

□ NOC/Major의 신규사업 기회 창출을 위해 Downstream(Oil Major의 Downstream 사업 확대: 미국, 유럽)

- Self-contracting을 확대하여 LNG 산업의 Downstream(Trade & Marketing) 산업 진출
- LNG수입 터미널 건설이나 Capacity 확보를 위하여 미국과 유럽 등 자유화된 유망 시장에 대한 시장 접근성 확보

□ Downstream Player들의 해외시장진출의 확대, Upstream사업 참여, Upstream Player와 JV-Integration

- 증가하고 있는 자국의 LNG 수요를 안정적이고 경제적으로 공급하기 위해 해외 E&P참여
- 가스/전력 산업의 축적된 기술력을 바탕으로 해외 가스 도입 및 에너지 서비스 시장 창출
- Up-Mid-Down 일체형 JV를 구축하여 Global E&P + Trade + Marketing 사업 전략을 추진
- Downstream 사업자는 LNG 수급조건의 변화에 대응하면서 교역조건의 Flexibility를 높이기 위해 자체 선단 보유

- 원자재 가격의 상승: 철강, 니켈, 알루미늄 등 액화플랜트의 필수 자재 가격은 2003~2004년, 2년 동안 130%상승
- 전문인력 부족: EPC 시장의 상위 3개 회사(Chiyoda, Bechtel, KBR/JGC)는 2003년까지 연간 1~2기 정도의 LNG 트레인을 제작하였으나, 최근에는 3~4기로 증가하였으며, 2009년 한해에만 10기의 트레인을 제작/완료해야 하는 상황임
- Open Book 계약방식: EPC 계약방식도 Turn-key 방식에서 가격변동이 심한 비용항목을 조건부로 설정하거나 건설기간 동안 정기적으로 비용수준을 재조종하는 Open Book 방식으로 전환

2) LNG 단기/현물 계약의 확대

- 2000년 이후 높은 지불용의를 가진 LNG 현물수요가 확대되면서 단기계약이 활성화되고 있음
 - Swing Provider가 등장하면서 2차 시장에 LNG를 공급할 수 있는 단기 잉여생산량 및 Uncommitted 물량의 증가
 - 잉여물량을 지속적으로 흡수할 수 있는 대규모 수요처(미국/영국) 등장: 탄력적 공급이 가능한 유연한 현물수요시장의 확보
 - 공급계약에 따른 Seller's Market 상황 지속
- Swing Provider의 등장: 카타르, 이집트, 나이지리아, 알제리, 호주 등에서 대규모 LNG 프로젝트 추진
 - 프로젝트에 참여하는 국영기업 및 메이저들이 Host 국가와 LNG장기계약(Self-contracting)을 체결함으로써 다양한 지역에 LNG를 공급할 수 있는 포트폴리오 확보
- Swing Market의 등장: 미국이 운영 중이거나 건설 중인 LNG 인수기지의 처리

능력은 2010년 경 약 1억 톤에 달할 전망이며, 미국 천연가스 가격이 비정상적으로 하락하지 않은 한 거의 모든 LNG 잉여 물량의 흡수가 가능

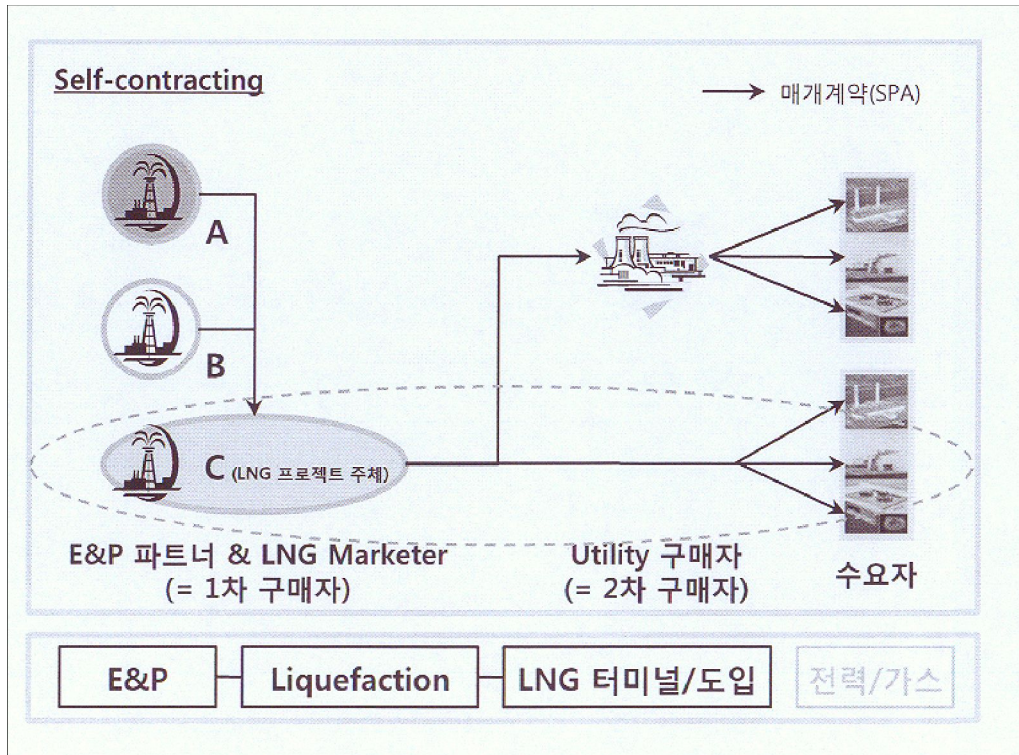
□ 신흥 시장을 포함 LNG 수요는 지속적으로 증가하고 있는 반면, 공급 능력 증설은 계속 지연되고 있음

○ 아시아는 인도네시아 생산 감소 및 공급 프로젝트 가동 지연 등으로 인해 중·단기적인 공급 부족 전망

3) 사업자의 가치사슬 확대

□ 생산자의 하류 부문 사업: LNG 생산자가 생산물량을 전량 인수하여 이를 재판매하는 “Self-contracting” 방식의 등장하였음

<그림 3-59> Upstream Player의 Self-contracting을 통한 사업 확대



- 이러한 Self-contracting은 Seller's Market이 상당기간 지속될 것이라는 전망을 바탕으로 생산자가 하류부문으로 진출하기 위하여 전략적 수단으로 활용되고 있음
- 과거에는 LNG 프로젝트의 개발주체가 수요국가의 국영가스회사나 발전회사 등과 매매계약을 체결하고, 일반적인 LNG 프로젝트는 1차 구매자와 공급자 (Upstream Player)가 다른 매매계약을 수행
- 그러나 2007년 이후 생산을 시작한 중동 및 대서양 지역 프로젝트의 대부분은 자가계약 방식(아시아는 자가계약 형태가 거의 없으며, 일부 생산자가 매우 적은 물량만 자가 구매)
- 소비자의 Up/Mid 사업: LNG 수입업자는 안정적인 가스 도입선 확보, 다양한 사업기회의 창출, 수송비용 절감을 위하여 Upstream 프로젝트와 수송 분야에 적극적으로 참여

- E&P 사업을 통하여 수익성을 제고면서 Security of Supply 확보 가능
- 자체 LNG 선박을 보유함으로써 LNG 수송비용을 절감하고 시장변화에 유연하게 대응할 수 있음
- 과거보다 LNG 물량확보가 어려워질 가능성이 증가... Downstream Player가 참여할 수 있는 Upstream 프로젝트의 기회가 줄어들 가능성이 있음
- LNG 산업의 Power Shift
 - LNG산업의 중심축이 “Asia Pacific Basin → Atlantic Basin”으로 이동
 - 생산: 중동, 아프리카, 중남미 비중 확대
 - 수요: 미국과 영국 등 대서양 지역의 비중이 크게 증가함

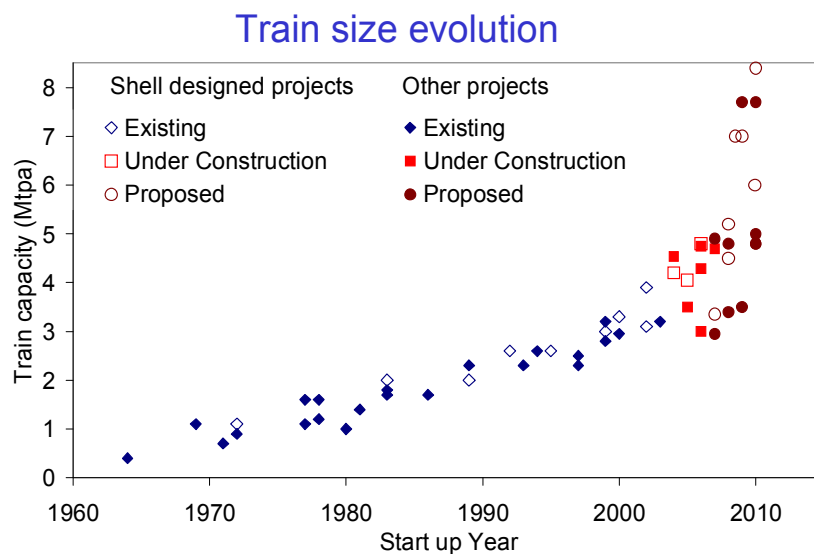
〈표 3-35〉 LNG Key Player 변화

Player	As-Is(2006)	Future(2015)
1. LNG 생산		
Country Top 3 (숫자 : 글로벌 생산비중)	1. 카타르 2. 말레이시아 41.5% 3. 인도네시아	1. 카타르 2. 나이지리아 48.9% 3. 호주
Company Top 3	1. Sonatrach(알) 2. Petronas(말) 3. QP(카)	1. QP(카) 2. NNPC(나) 3. Woodside(호)
2. LNG 소비		
Country Top 3 (숫자 : 글로벌 소비비중)	1. 일본 2. 한국 67.1% 3. 스페인	1. 일본 2. 미국 47.0% 3. 스페인
Company Top 3	1. TEPCO(일) 2. KOGAS(한) 3. Enagas(스)	1. TEPCO(일) 2. KOGAS(한) 3. Enagas(스) ※ NOC, 메이저 등 상류부문의 사업자가 수입 터미널 Capacity 확대

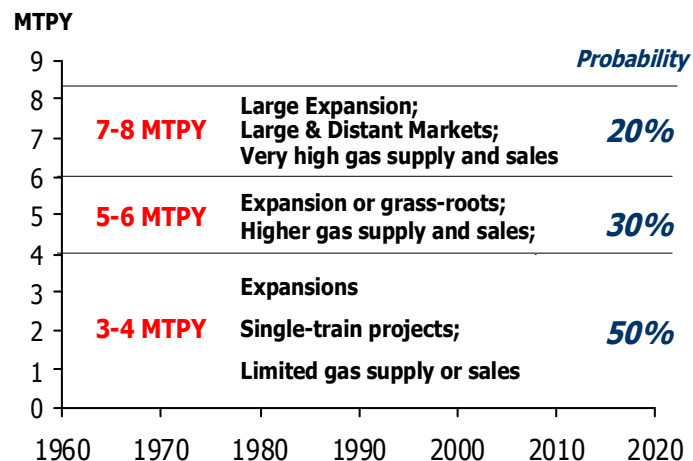
3) LNG 생산량 증가에 따라 대용량 및 Compact 액화사이클의 개발 요구

- 국제적으로 LNG 무역량의 급격한 증가함에 따라 약 40 train의 신규 LNG 생산설비 계획중 (현재 건설중인 설비를 포함하여 약 75 train의 액화설비)
- 플랜트 용량은 향후 8 MTPA(million tonnes per annum) 이상 증가할 것으로 전망되며, 대용량 생산설비에 적합한 새로운 액화공정 개발이 예상됨

<그림 3-60> Trend in LNG train size in the future



<그림 3-61> LNG train size - Past & Future Trends



□ 대용량 및 Compact 액화사이클의 개발 요구됨

- 세계적인 엔지니어링사에서 다수의 액화공정 개발
 - C3MR : APCI(Air Products and Chemicals Inc.)
 - POCLP(Phillips Optimized Cascade LNG Process) : ConocoPhillips
 - APCI사의 C3MR 공정이 지배적임.

- 액화공정기술 변화
 - 열효율 보다는 설비의 안전성과 단순함(simplicity)이 중요한 설계 인자
 - 5 Mton/year 이상의 대용량에 적합한 사이클 및 트레인
 - FPSO 등에 집적을 위한 단순하고 compact한 사이클

□ FPSO(Floating Production, Storage, and Off-loading) 플랜트 기술

- 가스전이 육지에서 먼 경우 offshore LNG 플랜트에 유리하며, 1970년대 페르시아만의 “Kangan 가스전”에서 이용한 바 있으며, 전통적인 onshore 플랜트에서 근해의 FPSO 생산설비로의 전환
- 가스전이 육지에서 먼 경우 offshore LNG 플랜트에 유리하며, 1970년대 페르시아만의 “Kangan 가스전”에서 이용한 바 있으며, 전통적인 onshore 플랜트

<그림 3-62> Floating LNG Plants

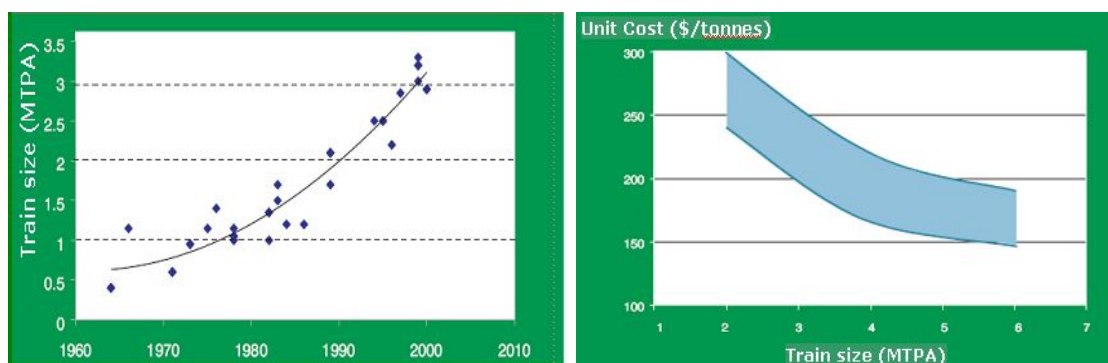


□ LNG 플랜트의 Capacity 증가와 투자비

- 유틸리티 등에서의 신규 설비가 정비되고 있고, 주요 기기인 압축기 성능 향상 및 액화공정의 효율적인 설계 등의 기술적 고도화에 따른 생산량 증가로 LNG 플랜트 투자비용은 1990년대 \$300/ton에서 현재 \$150/ton 수준으로 하락하고 있음

- 생산설비규모는 1980년대 초의 1.5-2.5 MTPA (Million Tonnes Per Annum)에서 2004년 준공된 이집트 SEGAS 의 5.0 MTPA 로 급격히 증가됨. LNG 생산설비규모의 증가는 직접적으로 단위 생산량당의 건설단가를 낮추게 되고 건설공사단축에 따라 EPC 이행 공사비 또한 절감됨
- 플랜트의 대규모화를 통한 LNG 생산비용을 절감하려는 움직임도 등장하고 있음. LNG 도입 초기의 플랜트는 1계열 당 100만 t/y 정도였지만, 현재 진행되고 있는 SAKHALIN II는 1계열 당 450만 t/y로 종전의 5배 이상의 규모임. 현재 계획 중인 Qatar Gas II 프로젝트는 1계열 당 780만 톤이라는 엄청난 규모이며 이에 따라 LNG공급 가격은 계속 떨어지고 있음

<그림 3-63> LNG 트레인 규모 및 소요비용 변화 분석



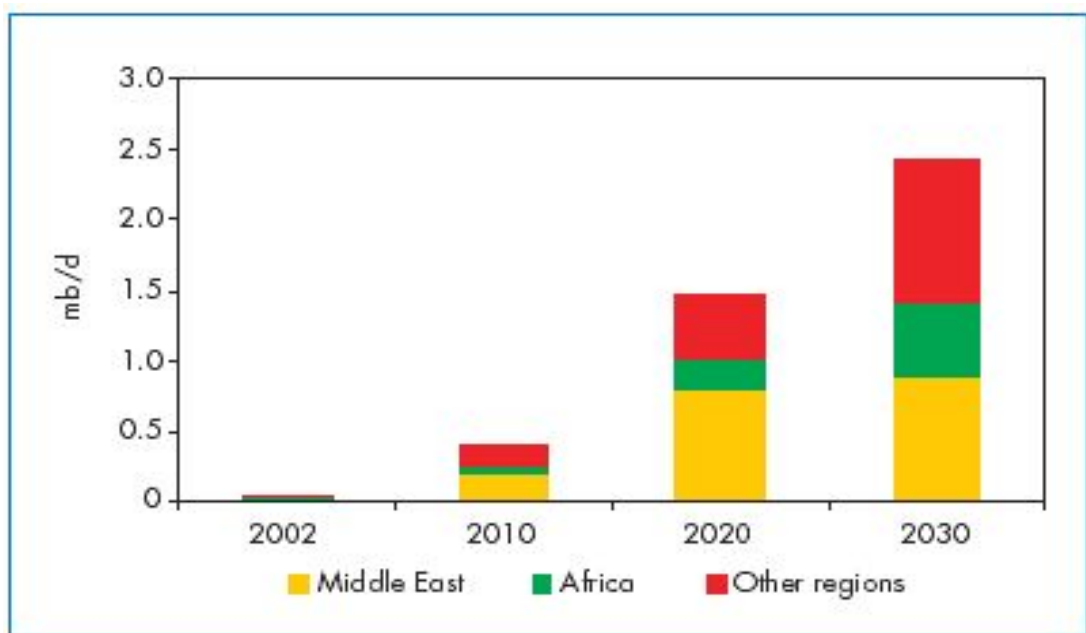
□ LNG 플랜트 적용 시장의 다변화

- 액화 플랜트 시장은 최근의 고유가 및 세계적인 온실가스저감 노력에 따라 고립/원격지 가스전의 개발과 기존의 유전에서 수반되어 나오는 천연가스 (associated gas)의 활용 그리고 매립지 가스의 활용을 위한 기술로 인정되고 있음
- 다변화된 LNG 플랜트 시장에 적용할 수 있는 자체 공정기술을 확보하고 있는 기술사가 다수 있으나 개념적인 설계 수준이거나 파일럿 성공 수준으로 실제 적용 사례 없는 곳이 대부분이고 Linde와 Salof 만이 실제 플랜트 건설 경험을 가지고 있음

□ GTL (gas to liquids)에 대한 관심과 연구의 증가

- GTL (gas to liquids) 기술은 천연가스의 주성분인 메탄 (CH_4)을 고온, 고압에서 반응시켜 합성가스를 생산하고, 이를 F-T 반응기에서 다시 액체상태의 합성 석유류 제품(디젤, 납사 등)을 생산하는 기술임
- GTL 기술의 핵심 공정인 Fisher-Tropsch (FT) 합성법은 1923년 독일의 화학자 Fischer와 Tropsch가 석탄가스화에 의한 합성가스로부터 합성연료를 제조하는 기술을 개발한데서 처음 시작됨
- LNG와 GTL이 연계된 설비를 구축할 경우 다음과 같은 synergy 효과 발생
- GTL 합성유의 생산은 원유가 30 \$/b 이상이면 경제성이 있는 것으로 분석되기 때문에(근거: 석유공사 2005년 보고서), 현재의 고유가가 지속되는 경우 GTL 사업은 매우 경쟁력 있는 산업으로 전개될 전망
- 가스 매장지역 중심으로 유관 플랜트와 지속 발주 예상: 2015년에 1~2백만 b/d 예측, '02년 대비 20배 이상 (출처: Alexander's Gas and Oil Connections, Sasol/Chevron 등)

<그림 3-64> 세계 지역별 GTL 생산전망



자료: IEA(2004)

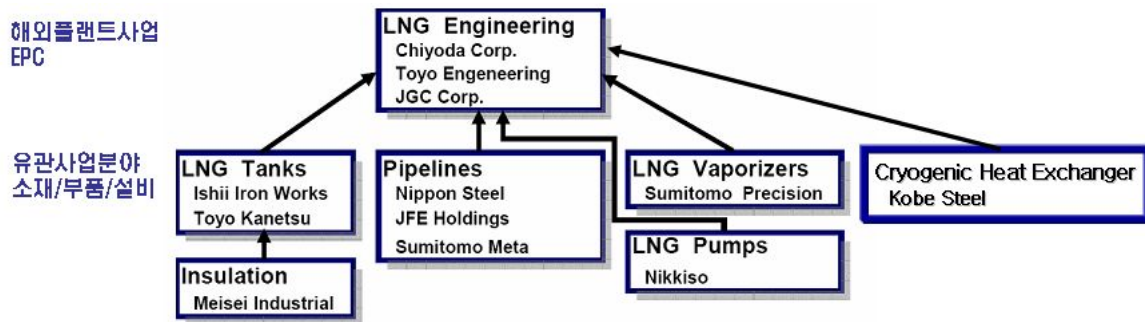
- 한편, 청정한 액체연료인 GTL은 기존의 석유제품에 비하여 유황성분이 획기적으로 낮음(미국과 유럽, 일본 등 선진국에서 자동차용 연료인 경유의 황 함유량 규제치를 기존의 500 ppm에서 2004년부터 이미 50 ppm으로 강화하고 미래에는 10 ppm 이하로 규제를 강화시킬 전망)

4) 선진 기업들의 과점화 현상

- 선두기업의 경우에 시장 카르텔 형성을 통하여 후발기업의 핵심영역 진출을 배제하고 기술혁신과 비용절감을 통한 우위 확보전략을 수행하고 있으며, 후발기업의 경우에 경쟁기술 개발을 통하여 선진기업과 제휴하거나 독자사업에 적용하는 전략을 구사(일본, 프랑스, 이탈리아 등)

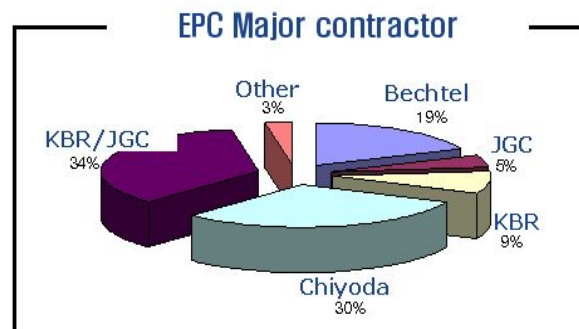
- 일본의 사례: 경쟁/특화기술 확보 ⇒ 기술제휴, 해외 컨소시엄 참여
 - Chiyoda (과거): 우수한 액화?제조설비, LNG 인수설비 설계기술
 - JGC (현재): Biomass, DME 등 신에너지 독자기술 개발에 투자
 - JOGMEC (현재): GTL 개발 컨소시엄 주도
- 현재 세계 1위의 LNG 수입국인 일본은 1970년대부터 액화천연가스 (LNG)를 기본적인 에너지원으로 채택하고, 이후 국가적이 차원에서의 관심과 지원을 바탕으로 LNG 생산/저장 분야에 필요한 원천설비기술을 개발하는 한편으로 자국 내 엔지니어링 기업들이 플랜트 설계/설비구매/건설 등의 전 분야에 참여하도록 하여 현재의 LNG 관련 플랜트 건설경기에 편승하여 고수익을 창출하고 있음

<그림 3-65> 일본의 LNG 분야 플랜트사업 및 유관사업분야 참여 기업 사례



- LNG플랜트는 첨단 고부가가치 분야로 프로젝트의 규모가 평균 10억불이 넘는 대형 프로젝트이기 때문에 기술 선진국들의 각축장임. 선두기업들은 후발 참여자의 시장진입을 극히 경계하며 기술이전을 하지 않고 과점하고 있음
- 이 분야의 선두기업은 JGC/KBR 합작 팀이며, 이들은 전 세계 시장의 50% 이상의 점유율을 보이고 있으며 지역적으로 동남아 및 아프리카 시장을 주 활동 무대로 하고 있음. 2위는 전세계 시장점유율을 30% 정도 차지하고 있는 Chiyoda로 러시아 및 카타르에서 두각
- Phillips의 OCP 기술을 독점적으로 사용하고 있는 Bechtel사는 시장 점유율이 약 10% 정도이며 Trinidad, 이집트 및 적도기니 등의 수의계약 프로젝트 위주로 참여하고 있음
- 시력이 제일 늦은 Technip은 자국의 TOTAL 프로젝트에 참여하여 나이지리아, 카타르, 예멘 등지에서 꾸준히 LNG 프로젝트에 참여하고 있음

<그림 3-66> 해외 LNG 플랜트시장 주요 계약자



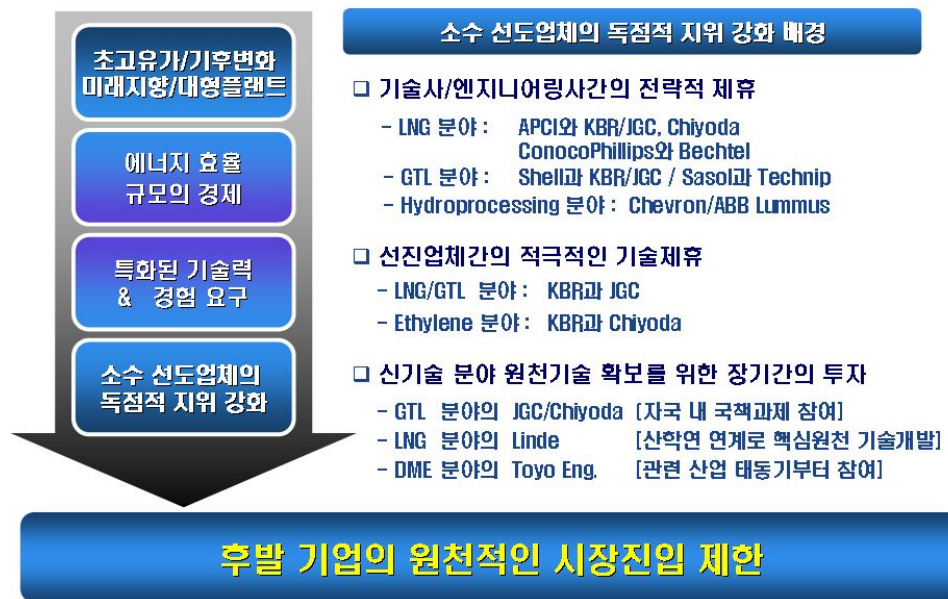
- 2위 그룹들은 메이저가 되기 위하여 각종 프로젝트에 선두그룹과 같이 프로젝트에 공동으로 참여하기를 원하나 선진그룹 들은 후발주자들이 경쟁우위를 갖는 지역 국가에 주공정이 아니라 유틸리티(utility)나 오프사이트(off site) 정도만 참여시키고 있음
- 2위 그룹으로는 이탈리아의 Snamprogetti, 독일의 Linde 및 일본의 TEC 등을 들 수 있음. 단독 수행경험이 없는 Snamprogetti는 모회사인 ENI 투자 프로젝트를 위주로 참여하면서 실적을 축적하고 있음
- 한편 Linde는 Statoil사와 공동 개발한 MFCP 기술로 노르웨이의 스노빗 LNG 플랜트를 수행 중에 있고 이란 NIOC LNG 프로젝트에 EPC로 참여할 예정으로 있음. Linde는 계약사가 극저온 관련기술을 보유하고 있어 선두그룹으로 진출할 가능성이 가장 큼

5) 국내기업의 LNG 플랜트 산업 역량 분석

- 우리 기업의 LNG 플랜트 참여 형태는 대체로 전처리 및 시공분야가 주류를 이루고 있으며, 고도의 기술력과 경험을 요구하는 엔지니어링 분야의 타당성 조사, 기본설계를 포함하는 FEED와 전체 사업관리를 주도하는 PMC(project management consultancy) 역무의 수주에는 많은 제약조건을 안고 있음
- LNG 플랜트는 핵심기술인 천연가스 액화공정 기술 및 핵심 EPC 기술은 일부 선진업체가 독점적으로 보유하고 있고, 국내 자체 기술개발사례가 없으며, 해외 사업 참여도 주변장치 설계 및 단순건설 영역에 국한 됨

- 따라서 제2핵심과제의 공정기술과가 연계하여 효율적인 LNG 플랜트 설계 및 시공기술을 병행하여 확보할 필요가 있으며, 특히 테스트베드 실증을 기반으로 FEED (front end engineering and design) 능력과 해외시장에서 요구되는 EPC (engineering, procurement and construction) 능력을 확보하는 것이 관건

<그림 3-67> 국내 기업의 가스플랜트분야 시장진입의 어려움



- 결국 플랜트엔지니어링 분야에서 향후 예상되는 샌드위치 상황을 타개하기 위해서는 우리 기업이 플랜트 산업 초기부터 확보해온 상세설계, 기자재 조달 및 건설 관련 역량과 전문 인적 자원을 활용하여 프로젝트 초기 단계에서 수행되는 FEED 수주를 통한 종합적인 엔지니어링기술의 경쟁력 강화가 요구됨
- 실제로 최근 LNG 등의 고부가가치 에너지관련 플랜트 분야에서는 초기 타당성 검토부터 FEED를 수행한 기업이 EPC 일괄수주를 따내는 양상을 보이고 있음. 타당성 검토, 기본 설계를 포함한 FEED 수행 시, 플랜트를 구성하는 단위 공정들을 포함하는 수많은 요소들이 복합적으로 고려되어 최적의 플랜트를 만들기 위한 밑그림이 필요함

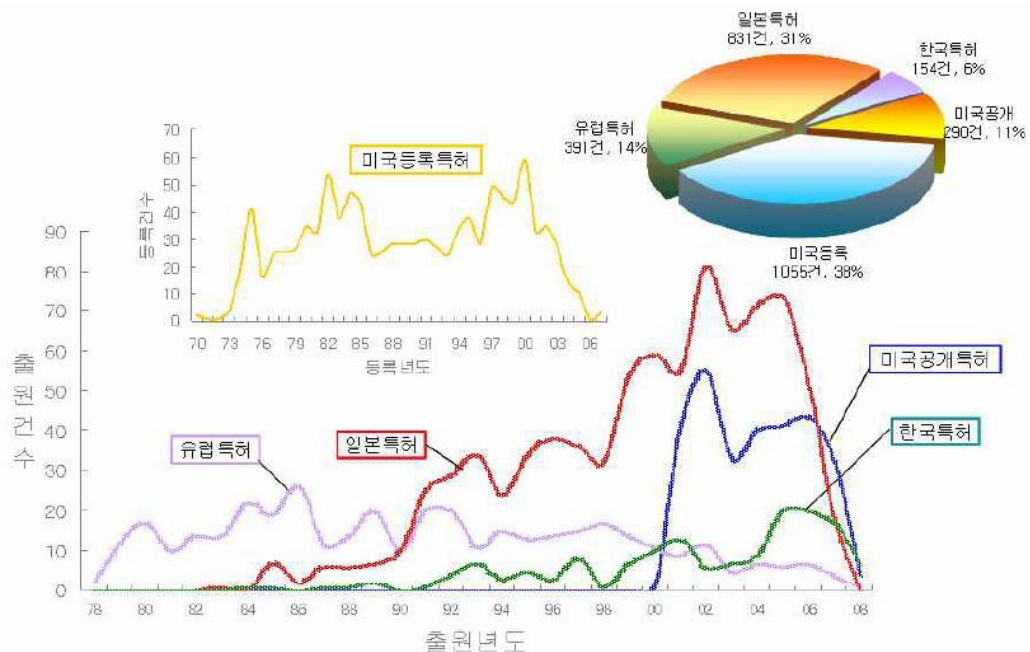
4. LNG의 기술력 분석

1) 특허분석 동향

□ LNG 분야 특허의 연도별 동향

- 천연가스 기술의 경우 미국, 일본과 같은 기술 선진국이 시장과 기술력을 주도하는 상황이며, 2000년을 전후하여 특허 건수가 대폭 증가함
- 2000년 중반까지는 유럽출원이 한국출원에 비해 건수가 많았으나 2000년대 중반 이후 한국출원건수가 유럽출원 건수를 넘어섰고 매년 20건 정도 비교적 지속적으로 출원됨
- 미국등록특허의 건수는 2000년대를 기준으로 급격하게 감소함

<그림 3-68> 천연가스의 국가별 특허출원 추이

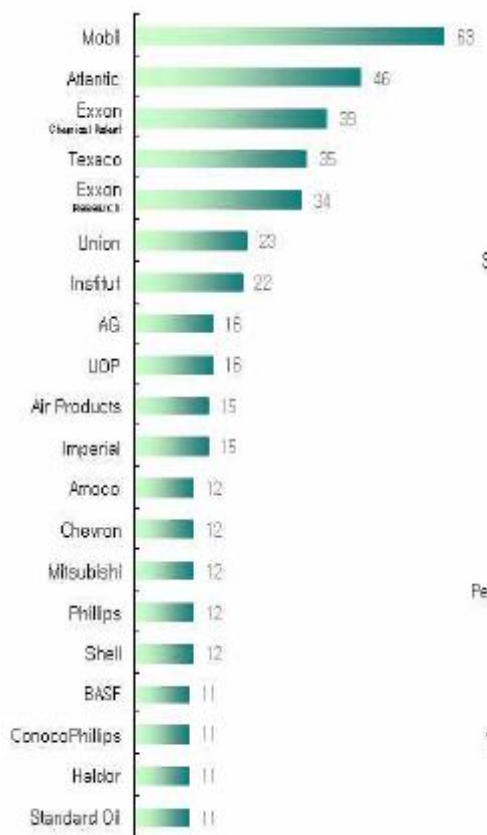


※분석대상 : 한국,일본,유럽특허: ~2008년 10월(출원년도), 미국등록특허: ~2008년 10월(등록년도), 미국공개특허: ~2008년 10월(출원년도)

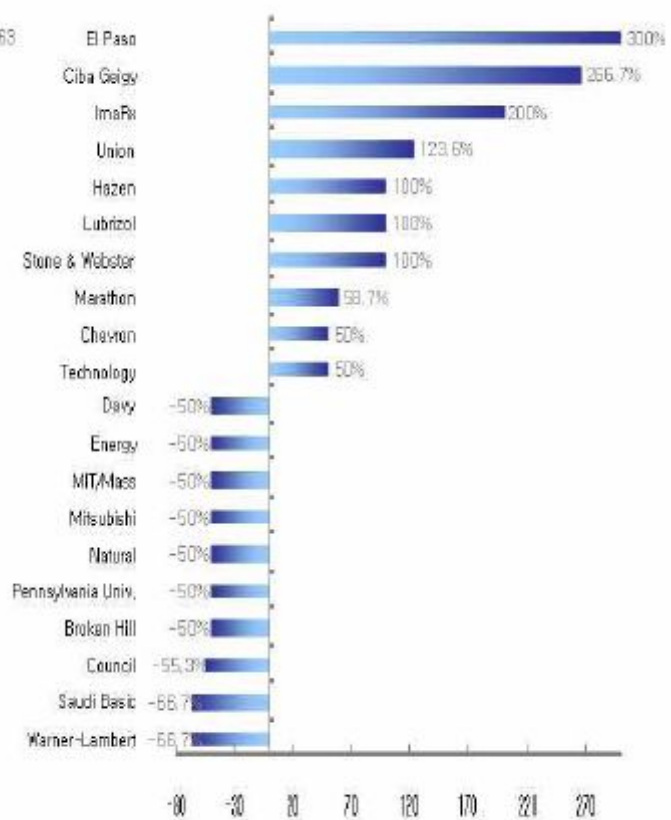
□ 미국특허 기준으로 전세계 기업별 특허경쟁력

- 천연가스 분야에서의 미국등록특허를 기준으로 하면, Mobil, Atlantic Richfield, Exxon 계열의 특허 등록 건수가 압도적으로 많음
- 증가율 관점에서 보면, El Paso Product, Ciba Geigy, ImaRx Pharmaceutical의 증가율이 200%를 상회하는 증가율을 나타냄

<그림 3-69>특허등록건수



<그림 3-70> 특허출원 증가율



※분석대상:~2008년 10월(미국등록특허) ※분석대상: ~ 2008년 10월(미국등록특허)

<표 3-36> 주요기업의 특허경쟁력 지수

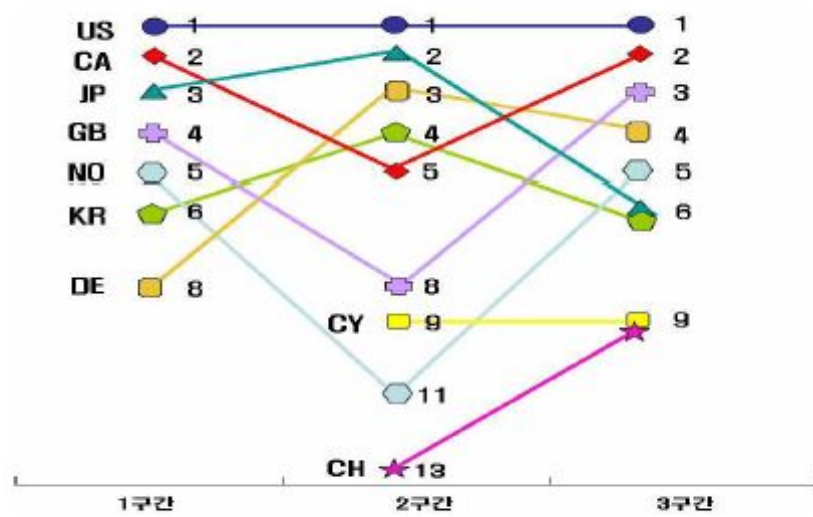
순 위	출원인	특허등록 건수	특허출원 증가율	특허우위 지수 (RPA)	특허영향 지수(PII)	기술순환 주기 (TCT)
1	Mobil Corporation	89	0.0%	21.2	1.6	9.3

2	Exxon Mobil Chmical Patents Inc.	57	-2.6%	49.8	0.8	14.4
3	Atlantic Richfield Company	46	0.0%	96.3	1.3	9.6
4	Exxon Mobil Research	39	-9.4%	6.5	1.0	10.0
5	Texaco Inc	39	0.0%	83.6	0.7	14.4
6	Institut Francais du Petrole	31	0.0%	73.8	0.6	13.5
7	UOP Inc	27	0.0%	10.1	0.9	13.2
8	Union Carbide Corp	26	0.0%	84.4	0.7	10.6
9	Chevron U.A.S inc	22	5.9%	76.2	0.5	11.1
10	Shell Oil Company	21	8.0%	-90.5	2.3	13.8
11	Unocal Corp	21	14.9%	65.6	1.3	15.8
12	Air Products and Chemicals. Inc.	20	0.0%	75.3	1.5	9.0
13	Imperial Chemical IndustriesPLC.	17	-3.6%	72.9	1.1	10.1
14	Metallgesellschaft AG	16	0.0%	91.2	0.6	6.0
15	Standard Oil Co.(Ohio)	16	0.0%	58.8	0.7	7.2
16	Ciba Geigy Coporation	14	266.7%	89.1	3.3	11.2
17	ConocoPhillips company	14	-37.0%	97.6	0.0	7.5
18	Hoechst AG	14	24.6	47.0	0.5	7.9
19	Phillips Petoleum CO	14	17.0	-73.4	0.7	16.0
20	Amoco Corporation	13	9.1	-32.0	1.8	16.7

□ 주요국가의 기술력 순위변화

- 등록건수와 특허영향지수(PII)에 의해 구해지는 기술력지수(TS)의 순위를 통하여 구간별(1구간; 1993~1997, 2구간; 1998~2002, 3구간;2003~2007)로 천연가스 분야의 국가별 기술력을 파악함
- 천연가스 분야에서는 미국의 기술력이 압도적인 것으로 나타났으며, 일본의 경우 3구간인 2000년대 중반 이후에는 캐나다, 영국, 독일 등의 주요 국가에 비하여 기술력이 뒤떨어지는 상황임
- 한국의 경우 구간에 상관없이 4~6위 정도의 기술력을 가지고 있는 것으로 파악됨

<그림 3-72> 주요국가의 기술력 순위변화



※분석대상: '93~'07년(미국등록특허)

<표 3-37> 주요국가의 기술력지수

국가	기술력 지수(TS)					
	1993~1997	순위	1998~2002	순위	2003~2007	순위
US	87.4	1	183.5	1	118.6	1
CA	9.2	2	2.4	5	2.7	2
GB	7.3	4	1.9	8	2.2	3
DE	3.7	8	5.7	3	2.2	4
NO	4.8	5	1.3	11	1.6	5
JP	7.8	3	8.2	2	0.5	6
KR	4.1	6	2.7	4	0.5	6
IL					0.5	6
CY			1.8	9	0.0	9
CH			1.1	13	0.0	9
SA			1.8	9	0.0	9
FR	1.4	10	2.1	7	0.0	9
BE			0.1	16		
VE	0.3	13				
SE	0.7	12				
RU			0.0	17		
IN	1.4	10	0.7	14		
IE			0.2	15		
ES			0.0	17		
DK	2.9	9	1.2	12		
CN			0.0	17		
IT	4.0	7	2.3	6		

제 4장 해외진출을 위한 Master 플랜

- 본 장에서는 그린에너지 해외플랜트 건설시장 진출을 위한 전략적 마스터플랜을 제시하기 위하여
 - 해외 진출에 성공한 주요 지역의 사례를 살펴보고,
 - 그린에너지원별 국내사업의 강점과 약점, 그리고 환경적 요인 선별하고,
 - 이를 바탕으로 해외진출 전략을 위한 마스터플랜을 제시함

제 1절 해외 플랜트 수주 성공사례

1. 중동지역

1) 중동지역 플랜트 시장 동향

- 중동의 플랜트 시장 규모는 2005년 178억 달러 수준에 머물렀지만 2015년이 되면 5배 가까이 성장해 858억 달러에 이를 것으로 전망됨
 - 특히 오일 가스와 발전시장이 지속적으로 성장할 것으로 전망되며 담수나 석유화학도 증가할 것으로 예측
- 최근 GS 건설이 3조 6000억원의 UAE 정유시설을 단독으로 수주하는 등 다른 지역과 비교해 여전히 좋은 수주실적이 증가하고 있음
 - 2009년 1분기 중동지역의 수주실적은 24억 8천만 달러로 2008년 1분기에 비해 11% 감소했지만 전체 지역의 평균 감소율인 61%와 비교하면 매우 작은 수준임. 또한 우리나라의 해외 플랜트 수주 규모에서 중동지역이 차지하는 비중은 2008년 1분기 25%에서 2009년에는 57%로 크게 높아졌음
- 하지만 중동시장의 경우 이미 많은 선진업체들이 진출해 있으며, 치열한 경쟁한 경쟁이 존재하고 있으며, 중국과 인도 등 후발업체들의 도전도 매우 거센 실정임
- 중동지역의 플랜트 발주를 주도하는 것은 국영기업이며, 중동지역의 대표 국가인 사우디아라비아, 쿠웨이트, UAE의 플랜트 발주금액은 전체의 76%를 차지하고 있음

- 대표적인 국영기업으로는 아람코(ARAMCO: 사우디아라비아)와 쿠웨이트 국영 석유회사(KPC: 쿠웨이트), 아드녹(ADNOC:UAE)이며 쿠웨이트의 경우 대림과 두산 등 우리나라의 4개 기업이 수주 규모면에서 빅4를 형성하고 있음

2) 성공사례 : 마라픽 민자 발전담수 설비공사 프로젝트(사우디아라비아: 현대중공업)

- 현대중공업은 2007년 6월 중동 최대의 민자 발전 담수설비공사를 모두 34억 달러에 수주했으며, 현대중공업의 계약금액은 11억 달러에 달함
 - 마라픽 민자 발전·담수 설비공사 프로젝트는 사우디아라비아 주바일시에 2,750MW의 전력을 공급하고 176MIGD(million gallon per day)의 용수를 공급함
 - 2007년까지 예비가동을 끝내고 2010년까지 모든 공사를 완공할 예정임
- 현대중공업은 발전설비의 최강자인 GE, 선도 담수 플랜트 업체인 프랑스 시템(Sidem)과 컨소시엄을 구성함
 - 현대중공업의 컨소시엄 구성은 지멘스, 두산이 참여한 인터내셔널 파워 컨소시엄, 미쓰비시중공업, CCC(Consolidated Contractors Company¹⁹), 피시아(FISIA)²⁰ 등이 참여한 미추이 컨소시엄을 기술적인 면과 가격경쟁력 면에서 모두 우위를 확보함으로써 프로젝트를 수주함
 - 이는 최적의 컨소시엄 구성의 중요성을 보여주는 단적인 사례로서 프로젝트 수주에 있어 기업간 컨소시엄 구성을 전략적으로 해야됨을 보여준 사례임

3) 성공요인 분석

- 현대중공업이 프로젝트를 성공적으로 수주하게 된 이유로는 기술력과 컨소시엄, 탄력적인 금융지원이 중요한 역할을 하였음
- 첫째, 기술력과 관련하여 현대중공업은 발전보조 기기를 회사내에서 제작할 역량을 보유하고 있었으며, 이것은 구매 위험을 줄이고 최저 입찰 가격을 제시할 수 있는 전제조건으로 작용함
- 둘째, 컨소시엄 구성과 관련하여 현대중공업은 발전 분야의 세계 최강업체인

19) CCC(Consolidated Contractors Company) : 그리스계 오만 현지 투자업체

20) 피시아(FISIA) : 이탈리아 담수 플랜트 전문 건설사

GE를 파트너로 참여시킴

- GE는 전 세계 100여 개국에서 가스, 터빈, 핵, 풍력 발전소를 운영하고 있는 세계적인 업체이며, 프랑스 시템사는 용수공급면에서 최강 회사인 베올리아사의 자회사임
- 이는 발전분야의 최강회사인 GE와 용수공급면의 최강회사인 시템사, 발전설비 자체제작 역량을 보유한 현대중공업이 조화를 이룬 컨소시엄으로서 프로젝트 수주에 큰 역할을 함
- 셋째, 우리나라 수출보험 공사의 적극적인 금융지원은 발주처의 신뢰성과 편의성을 높이는 역할을 함
- 수출보험공사는 프로젝트 발주에 대한 정보를 미리 입수하고 현대중공업 컨소시엄과 수차례의 미팅을 통해 지원의향서를 신속하게 발급함. 또한 수출보험공사 최고경영진이 사우디를 직접 방문해 협력약정을 체결하는 등 강력하고 적극적인 지원의지를 보임
- 또한, 수출보험공사는 단일 수출신용기관으로 참여함으로서 총 34억 달러 가운데 6억 5천만 달러에 이르는 자금조달을 파이낸싱 방식으로 성사시킨 것은 현대중공업 컨소시엄이 프로젝트를 성공적으로 수주할 수 있는 원동력이 됨
- 결국 현대중공업이 마라픽 민자 발전 담수 설비공사 프로젝트를 수주한 것은 시장동향을 정확히 읽고 대응한 점과 수출보험공사의 프로젝트 파이낸싱 주도가 큰 역할을 함

2. 중남미 지역

1) 중남미지역 플랜트 시장 동향

- 중남미 플랜트 시장은 2005년부터 2010년까지 연평균 9%, 2010년부터 2015년까지 연평균 7% 수준의 성장이 예상됨
- 특히 인프라 확충사업과 에너지 개발로 인해 향후 오일·가스와 발전 플랜트 분야 중심의 성장이 예상됨
- 국경을 넘는 통합 프로젝트 수주 움직임이 증가함으로서 대형 플랜트 수주가 예

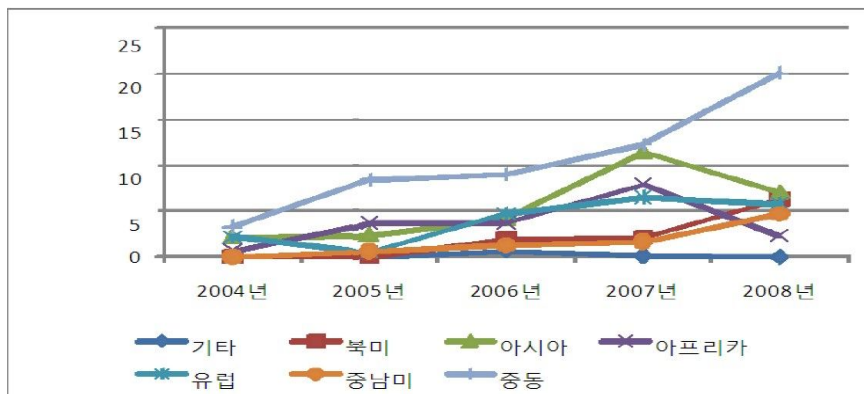
상되고 있음

- 멕시코와 중미 8개국이 공동 추진하는 '메소아메리카 통합 프로젝트 (Mesoamerica Integration and Develop Project)'의 계획등에 따라 선진국들의 수주 경쟁이 치열할 것으로 예상됨
- 에너지 개발과 발전 시장을 중심으로 외국기업의 시장장악이 두드러지고 있으며, 미국, 서유럽 선진 업체 간에 경쟁구도가 형성돼 있음
- 브라질을 제외한 국가에서 특히 미국과 서유럽 업체들의 시장점유율이 압도적으로 높은 경향을 보이고 있으며, 업체들의 주요 경쟁 분야는 에너지 개발과 발전 플랜트 분야이며 이는 풍부한 자원 보유량에서 기인하고 있다. 세계 석유 매장량의 10.6%, 동(銅) 매장량의 43.8%, 은(銀) 매장량의 39%, 철(鐵) 매장량의 26.3%를 차지하고 있음

□ 우리나라의 대 중남미 플랜트 수주 건수와 금액은 급속히 증가하고 있음

- 한국의 대 세계 플랜트 수주 금액 및 건수는 해마다 증가하고 있으며, 2008년 수주액은 110% 상승한 463억 달러를 기록
- 2008년 가장 많은 수주 금액을 나타낸 지역은 중동으로 전체의 43.4%였으며, 아시아(15.2%), 북미(13.6%), 유럽(12.6%)이 뒤따름. 2005년부터 2007년까지 전체 수주액의 4~5%를 밀돌던 중남미의 플랜트 수주액은 2008년 10.1%까지 성장함

<그림 4-1> 2004-2008년 지역별 플랜트 수주 현황



자료: 한국플랜트 산업협회

- 대 중남미 연도별 플랜트 수주금액 및 건수의 경우 중남미 플랜트 수주금액은 2004년까지 감소하다가 2005년부터 2008년까지 급속히 증가함
 - 2008년 대 중남미 플랜트 수주액은 2007년 대비 283% 증가한 47억 달러를 기록함. 2001년부터 현재까지 대 중남미 플랜트 수주 건수는 총 53건이며, 이 중 21%인 11건이 2008년에 수주되었음

<표 4-1> 연도별 중남미 플랜트 수주 금액 및 건수

(단위: 천 달러)

연도	수주금액	수주건수
2001	115,004	9
2002	27,718	4
2003	46,851	4
2004	39,440	2
2005	608,962	7
2006	1,298,035	9
2007	1,661,225	5
2008	4,696,261	11
2009. 5월	249,925	2
총합계	8,743,421	53

자료: 한국플랜트 산업협회

- 대 중남미 주요 플랜트 수주 상위 3개 부문은 해양, 석유화학, 발전&담수로 대 세계 수주액의 69.5%, 대 중남미 수주액의 81.1%를 차지
 - 상위 3개 부문에서 가장 큰 비중을 차지하는 분야는 해양으로 대 세계수주액의 33.3%, 중남미 수주액의 40.8%를 차지
 - 통신 분야의 경우, 우리나라의 전체 수주액 중 중남미지역이 99.5%를 차지하여, 대부분의 통신 분야 플랜트 수주가 중남미에서 이루어짐을 알 수 있음

<표 4-2> 2004-2009년 5월 플랜트 수주분야

(단위: 천달러, %)

설비명	대 세계		대 중남미	
	금액	비중	금액	비중
Oil&Gas	18,938,897	13.2	76,299	0.9
해양	47,730,973	33.3	3,490,365	40.8
발전	9,372,089	6.5	823,297	9.6

석유화학	29,195,656	20.4	1,618,104	18.9
발전&담수	22,666,508	15.8	1,831,225	21.4
담수	2,831,446	2.0	53,427	0.6
환경	140,727	0.1	0	0.0
수처리	54,932	0.0	0	0.0
통신	52,886	0.0	52,630	0.6
항만하역	424,846	0.3	0	0.0
기타	675,119	0.5	0	0.0
SI	38,769	0.0	0	0.0
기자재	4,859,364	3.4	552,136	6.5
산업설비	5,723,002	4.0	55,345	0.6
제철	10,671	0.0	1,020	0.0
시멘트·제철	493,354	0.3	0	0.0
합계	143,209,239	100.0	8,553,848	100.0

자료: 한국플랜트 산업협회

2) 성공사례 : 칠레 앙가모스 화력발전 플랜트 프로젝트(칠레: 포스코 건설)

- 세계적인 전력회사인 AES 칠레법인이 발주한 칠레 앙가모스 석탄화력발전 플랜트 프로젝트는 전체 발주금액이 8억7천만 달러에 달함
 - 공사기간은 2007년 6월에서 2011년 7월이 완공예정임
- 포스코건설이 국내 플랜트 업체 중에서 최초로 중남미 지역에서 발전 플랜트 EPC 프로젝트를 성공적으로 수주한 것임
 - 입찰 당시 미쓰비시 중공업, 캐나다의 SNC-라발린 등 많은 업체들이 참여했지만 포스코건설이 성공적으로 수주하였음. 또한 포스코건설은 기초설계부터 상세설계, 조달, 시공, 그리고 시운전까지 전 공정을 수행하는 일괄턴키방식으로 프로젝트를 수행하고 있음
 - 공사내용은 칠레 북부의 안토파가스타(Antofagasta) 지역에 총 520MW급 석탄 화력발전소를 건설하는 것임

3) 성공요인 분석

□ 첫째, 한국-칠레 FTA(Free Trade Agreement, 자유무역협정) 체결로 인한 가격경쟁력 확보

- 포스코건설은 한국과 칠레 간에 FTA가 체결되면서 화력발전소의 핵심부품인 보일러를 6% 관세에서 무관세로 조달할 수 함으로써, 한-일 FTA가 체결되지 않은 주요 경쟁업체인 일본 미쓰비시중공업을 제칠 수 있었음
- 화력발전 플랜트 비용의 44%나 차지하는 기계류에서 가격경쟁력을 확보한 것이 수주의 성공요인으로 이어짐

□ 둘째, 수출 보험공사의 적극적인 마케팅 수행활동을 통해 신뢰도를 높이는등 국가 공공금융기관으로서의 역할을 수행함

- 프로젝트 전체 차입액의 70% 상당을 단독으로 조달했는데, 이는 안정적인 국가 공공금융기관으로서의 높은 신뢰도를 활용했기 때문에 가능했던 일임
- 수출보험공사는 포스코건설을 대상으로 신속한 지원심사와 관련 계약의 검토를 통해 일정에 차질 없는 신속한 금융조달 서비스를 제공하였음. 이러한 완벽한 금융지원 서비스로 인해 본 프로젝트가 프로젝트 파이낸스 인터내셔널(Project Finance International)이 선정하는 '올해의 거래(Deal of the Year)'로 선정되는 쾌거를 이루기도 했음(김성기 외, 2009)

□ 셋째, 내진설계역량 확보 및 현지화전략을 적절히 구사하였음

- 칠레는 지진이 자주발생하는 곳으로 내진설계역량을 확보하는 것은 매우 중요한 요건임. 따라서 포스코 건설은 내진설계전문가인 UC버클리 출신의 구조지구기술 엔지니어링 박사를 고용하였음
- 또한 칠레의 전문가를 영입하였으며, 현지적응 교육체계 수립 및 원어민 강사를 초청해 해외파견인력을 대상으로 해당 국가의 언어와 문화를 강의하였음. 또한 칠레 교포를 본사와 지사에 채용해 언어나 문화의 차이에서 오는 오해를 사전에 차단함

3. 동남아시아

1) 동남아시아 플랜트 시장 동향

- 동남아시아 지역은 중국과 인도등의 지속적인 GDP 성장으로 인해 에너지 수요가 폭발적으로 증가하고 있음. 따라서 플랜트 산업에 대한 수요 역시 꾸준히 증가할 것으로 예상됨
 - 특히 중국과 베트남, 인도 등에서는 에너지 수요를 충족하기 위해 대규모 원전건설을 추진하고 있음
- 동남아지역의 플랜트 시장규모는 지난 2000년에는 300억 달러 수준에 머물렀으나 이후 연간 11%의 성장률을 보이며 고속성장을 이어온 결과, 2010년에는 680억 달러 수준에 달할 것으로 전망됨
 - 또한 2015까지 시장 규모가 940억 달러 수준까지 확대될 것으로 보임
- 분야별로 살펴보면 발전분야의 비중이 많겠지만 오일·가스나 정유, 석유화학분야도 성장이 예상되며, 담수 분야의 경우 타 분야에 비해 성장이 늦을 것으로 전망됨
- 동남아시아 국가들은 에너지 개발 및 외자유치 노력을 많이 하고 있으며, 우리나라 업체를 비롯해 다국적 기업에 매력적인 요인으로 작용하고 있음
 - 동남아 지역에 진출하는 다국적 플랜트 업체가 확대되면서 경쟁구도가 심화되고 있음. 특히 동남아 정부가 현지 업체와의 제휴 협정을 장려하고 있어, 향후 현지 업체와의 관계개선이 이 지역에서 플랜트 수주 성패의 주요한 변수로 부상할 가능성이 높음
 - 하지만 동남아시아의 경우 정치적인 불안문제가 상존하고 있어 외국기업 진출의 장애요인으로 발생하고 있음

<그림4-2> 동남아시아 지역별 수주업체 현황



1) 한국업체 제외

2) 성공사례: 태국 게코원 석탄화력 발전소 프로젝트(태국: 두산중공업)

□ 두산중공업은 2008년에 약 8억2천만 달러 규모의 게코원 석탄화력발전소 공사를 수주함

○ 게코원 발전소는 70만KW(킬로와트)급 화력발전소로 태국 최초의 초임계압(Super critical) 발전소임

□ 게코원 석탄화력발전소는 태국 전력청이 국제경쟁입찰로 추진한 민자발전 프로젝트(IPP)로, 이탈-타이²¹⁾, 하르빈, 한전 컨소시엄과 내셔널 파워 서플라이와 동광 컨소시엄, 밥콕, 브라운, 알스톰 컨소시엄 등 3개 컨소시엄을 제치고 수주에 성공함

○ 두산중공업은 이번 프로젝트에 지난 2006년 인수한 영국 자회사 두산밥콕의 보일러 원천기술을 적용함으로써 인수 후 본격적인 시너지 효과를 올리게 됨

21) 이탈-타이(이탈리안-타이개발주식회사) : 100% 태국인 소유의 건설회사. 태국인 박사와 이탈리아인 기술자 사이의 합작관계에서 유래했다.

음

- 두산중공업은 이번 EPC 계약에 따라 설계에서부터 기자재 제작, 설치, 시운전에 이르는 전 과정을 일괄 수행해 오는 2011년 10월까지 발전소를 준공할 예정임

3) 성공요인 분석

- 두산중공업의 주요 성공요인은 가격경쟁력과 최적의 컨소시엄을 구성했다는 장점을 이용하여 공정기간을 가장 짧게 제출함으로서 수주에 성공함
- 첫째, 가격경쟁력으로 두산중공업은 입찰업체 중에서 가장 낮은 입찰 가격을 제시했음. 이는 핵심설비를 자체 생산하고 차별화한 공정을 선택했기 때문에 가능했음
- 두산중공업은 저비용 구조인 석탄화력 발전방식을 제안한데 반해 경쟁업체들은 고비용 구조인 복합화력 발전방식을 제시했음. 또한 경쟁 컨소시엄들이 가격제시에 있어 불명확하고 유동적인 가격을 제시함으로서 저비용 구조 선택을 통한 제일 낮은 가격을 제시한 두산중공업이 수주할 수 있었음
- 둘째, 두산중공업은 태국의 문화, 경제상황 등 현지 정보를 보유한 헨나라즈(HENARAJ)사와 발전소 운영경험이 풍부한 글로우와 컨소시엄을 맺음으로서 현지에 대한 정보 및 자금확보 측면에서 유리한 고지를 점령함
- 셋째, 두산중공업은 입찰내용 중 공정완료시점에 있어서 다른 경쟁업체보다 공정완료시점을 앞당김으로서 큰 이득으로 작용함

4. 아프리카 지역

1) 아프리카 플랜트 시장 동향

- 2006년부터 2013년 사이 GDP(Gross Domestic Product, 국내총생산)는 연평균 7.1%씩 성장할 것으로 예상되며 이는 세계 연평균 성장률인 3.1%보다 매우 높은 수준이임
- 2009년의 경우는 경기침체로 인해 에너지 수요가 소폭 하락하고 있지만 점차 회복됨에 따라 2006년부터 2013년 사이 연평균 1.6%의 성장률을 보일 것으로

전망됨

- 아프리카 플랜트 시장은 에너지 수요가 커지면서 오일·가스, 발전, 담수 플랜트를 중심으로 성장할 것으로 예상됨
 - 현재 아프리카 시장은 도시화가 지속적으로 추진되고 있으며, 이로 인한 인구, 에너지 수요도 큰 폭으로 증가하고 있음
 - 따라서 아프리카 국가들은 에너지 산업을 육성하기 위한 개방 정책을 도입하고 있으며, 이에 따라 해외업체들의 투자가 지속적으로 증가하고 있음
- 아프리카 지역은 인프라가 미흡하고 보건과 위생수준이 열악하다는 특수성을 안고 있음. 따라서 서유럽, 일본 선진 업체들 중심이며, 자금력을 앞세운 중국 업체들의 시장진입도 늘고 있음
 - 특히 기술력을 보유한 대형 미국, 유럽, 일본 업체들이 오일·가스와 발전 플랜트에 집중하고 있으며, 글로벌 오일 업체들의 누적 투자금액이 1,680억 달러에 육박하고 있음
 - 중국 업체의 경우는 파이낸싱 역량을 보유하고 석유화학, 정유, 담수 플랜트 사업에 참여하고 있으며 중국 오일 업체들의 누적 투자금액은 100억 달러에 이르고 있음
- 아프리카는 인종문제, 위생문제, 정치적 불안 및 사회기반 시설의 미비등의 장애물이 쌓여 있으며 최악의 환경을 고려한 특수한 시공능력을 요하는 곳임

2) 성공사례: 나이지리아 브라스 LNG 프로젝트(나이지리아: 대우건설)

- 나이지리아는 LNG 시설의 신규건설을 위해 나이지리아 국영석유회사와 토탈, 코노코필립스, 아집트 등 글로벌 석유회사 6개사를 포함한 SPC 회사인인 브라스 LNG사를 만듦
 - 대우건설은 브라스 LNG사로부터 창사 이래 최대규모의 LNG 프로젝트를 25억달러에 수주함
- 대우건설은 지명입찰 방식으로 참여하여 수주 받았으며 나이지리아 남부 포트코트 브라스 2011년 7월에 완공 예정임

3) 성공요인 분석

- 대우건설은 오랜 해외 진출과 오지에서의 경험과 노하우를 많이 보유하였으며, 이러한 경험과 노하우는 지명수주를 받을 수 있는 원동력으로 작용함
- 첫째, 대우건설은 1970년대부터 해외에 진출하여 1980년대 이후 2000년대까지 글로벌 메이저 석유회사의 소규모 프로젝트를 수주하는 전략을 세움
 - 하지만 글로벌 메이저 석유회사의 소규모 프로젝트 수주에 한계를 느끼고 고부가가치 플랜트를 수주하는 전략으로 방향 전환
 - 이후 나이지리아의 보니섬과 에스크라보스에 LNG 플랜트를 건설함으로서 신뢰를 더욱 확고히 함
- 둘째, 위험을 무릅 쓴 오지공사의 수행능력을 인정 받음
 - 아프리카는 기반인프라의 부족과 더불어 인종간의 마찰 및 테러등이 빈번히 발생하는 지역임. 하지만 대우건설은 오랜 해외공사 경험으로 바탕으로 원주민과의 마찰을 없애기 위해 현지인을 적극적으로 활용하였고, 직원들의 안전을 위해 보안시설을 강화함
 - 이러한 대우건설의 노력은 나이지리아 정부에 큰 영향을 미쳤고, 대우건설에 대한 확고한 믿음을 갖게 함
- 셋째, 플랜트와 관련된 핵심 기술의 보유 및 기술연구원을 중심으로 대용량 LNG 저장탱크 기술을 개발하였으며, LNG 저장탱크 시공 국내 최대 실적을 보유함
 - 대우건설의 LNG 플랜트 기술과 많은 실적은 나이지리아 프로젝트 수주의 중요한 요인으로 작용함

5. 해외진출 성공요인 종합

1) 가격경쟁력 및 기술경쟁력 확보

☐ 가격경쟁력과 기술경쟁력의 확보를 통한 진출

- 해외진출 사례는 가격경쟁력이나 기술경쟁력을 갖추고 있으며, 이 둘은 서로 상관관계가 매우 높은 것으로 인터뷰에서 조사됨
- 핵심기술개발 및 원천기술 확보를 통한 가격경쟁력 확보가 필수적임 성공요인임

2) 최적의 컨소시엄 조합 결성

- ☐ 대부분의 플랜트 관련 입찰의 경우 단독입찰 보다는 컨소시엄을 구성하여 입찰하는 경우가 많음. 따라서 플랜트 건설에 있어 부문별·기자재별 기술력을 가진 해외 기업 또는 국내기업과의 컨소시엄을 통해 입찰하는 전략이 성공적임. 또한 현지 기업과의 네트워크 및 연계를 통한 홍보전략이 중요함

3) 우리나라 국제개발은행 등을 활용한 적극적 금융지원

- ☐ 수출입은행, 수출보험공사등 국내 개발은행의 적극적인 금융지원 약속 및 프로젝트 수주기업에 대한 보증을 통해 우리기업의 신뢰도를 높이고, 수익성 분석 및 적합한 파이낸싱 모델을 개발이 성공에 중요한 요인으로 작용

4) 성공사례 구축 등을 통한 경험 축적

- ☐ 프로젝트 분야별 성공사례를 구축하고, 프로젝트 완료이후 지속적인 정보제공 및 사후 보완등을 통해 발주기업에 대한 강한 인상을 남기는 방안 중요. 현지 시공에 따른 경험은 추후 비슷한 상황이나 여건에서도 성공할 수 있는 노하우를 제공함

5) 체계적인 입찰준비 및 현지정보 수집능력 확보

- ☐ 공사 수주를 위해서는 체계적인 입찰 준비 및 사업 타당성 평가, 리스크 관리, 등에 대한 전략적 방안을 미리 준비해야 할 것임. 또한 현지정보의 정확하고 신속하게 확보하는 것은 매우 중요한 요인으로서 입찰준비 프로세스를 체계화 및 구체화 시켜야 할 것임. 또한 현지인들과 조화롭게 어울릴 수 있도록, 현지민 교육활동, 자원봉사등의 프로그램을 활용이 성공적 요인으로 작용

6) 통합관리 시스템의 구축

- 공사를 수주받아 시행하는 과정에서 실시관 위험관리 및 인력관리, 자재관리는 매우 중요함. 또한 계약공정완료 시점을 앞당기기 위한 체계적인 관리가 성공의 관건임

제 2 절 플랜트별 해외진출 마스터플랜

1. 원자력

1) SWOT분석

- 국내산업의 역량

- 원자력 발전소를 수출하기 위한 수주조건으로 ‘동일 원자로 방식의 운전경험’은 매우 중요한 요소임

- 일반적으로 동일 원자로 운전 경험이 5년 이상인 사업체를 수주업체로 선정하는 관행상 우리나라의 경우 울진 3/4호기를 시작으로 10년 이상의 설계·건설·운영의 노하우를 가지고 있음

- 세계시장에서는 최소 2기 이상의 건설경험이 있는 사업체를 자격요건으로 선정
 - 우리나라의 경우 자체기술로 건설한 6기의 원전이 제대로 운영되고 있음

<표 4-3> 우리나라에서 자체건설한 원자력 발전소 현황

구분	용량(MWe)	노형	원자로 공급	기술용역	상업운전(예정)
울진 3호	1,000	OPR-1000	한중	한국전력기술	98.8.11
울진 4호	1,000	OPR-1000	한중	한국전력기술	99.12.31
영광 5호	1,000	OPR-1000	한중	한국전력기술	02.05.21
영광 6호	1,000	OPR-1000	한중/한기/C E	한국전력기술	02.12.24
울진 5호	1,000	OPR-1000	한중/한기/C E	한국전력기술	04.07.29
울진 6호	1,000	OPR-1000	한중	한국전력기술	05.04.22

- 우리나라에서 개발(개선)한 OPR-1000의 경우 EPR과 AP1000과 비교하여 상대

적인 가격경쟁력을 가지고 있음

○ 우리나라의 경우 세계 최고 수준의 운영효율성을 보유하고 있음

- 원전의 운영 효율성은 Capacity Factor (이용률)로 측정되며 한국형 원전은 세계 최고수준의 이용률을 기록하고 있음. 이용률은 건설 시 결정되는 정격발전용량 대비 실제발전량의 비율이며 이 비율이 높을수록 원전 운영 능력이 좋은 것으로 평가됨

○ 핵심원전 기술의 부족으로 인한 자체수주의 제약성

- 한국 과학기술정보연구원의 조사에 따르면 우리나라의 원전 핵심기술 체감지수는 선진국 대비 50~60%에 그치고 있는 것으로 나타남
- 현재 국책과제(Nutech 2012)로 개발이 진행 중인 국내 원전의 미 자립기술인 설계코드 및 핵심부품(RCP 및 I&C)을 해외기업에 의존함에 따라 Westinghouse 등 해외 유력기업과의 제휴가 불가피함
- 1997년 맺은 한국 원전업체와 미국 Westinghouse 간 기술전수 계약(License Agreement)에 따라 한국은 독자적인 실시권 (제작 및 수출)을 확보하였으나, 기술이전을 전제로 추진하는 해외 원전수출의 경우 기술이전 시 Westinghouse의 사전 동의여부가 여전히 쟁점으로 나타나고 있는 실정임

○ 원자력 기술의 브랜드 가치가 상대적으로 열위로 판단됨

- 현재 해외 수출의 경험이 없는 한국형 원전(OPR 1000, APR 1400)은 브랜드 가치가 떨어지며 OPR 1000(Optimized Power Reactor, 100만kw)의 반복건설을 통해 최신의 설계, 제작, 건설경험 및 사업관리 측면에서 국제경쟁력을 보유하고 있으나 원자로 계통설계 및 핵심기기 제작능력은 선진국 대비 미흡한 실정임

○ 해외사업 네트워크 부족

- 국내 원자력 산업계는 국내위주의 사업경험으로 해외 마케팅 사업 경험의 부재로 미국, 프랑스 경쟁업체에 비해 해외사업 인력 및 네트워크가 부족함
- 또한 하며 민간 원전 제작사(Vendor)가 수출을 주도하는 미국, 프랑스, 일본과는 달리 우리나라의 경우 원전산업의 역할을 분할함
- 따라서 원전 산업체를 통합할 수 있는 능력을 보유한 공기업회사가 주도함에 따라 사업동기 및 신축성 측면에서 상대적으로 경쟁열위에 있음

- 국내 원전산업 다원화된 산업 구조로 규모의 경제를 이루는데 제약 요인임
 - 우리나라 원전산업계는 종합설계-한기 AE, 두산중공업-기기설계/제작, 한기 SD-원자로 계통설계, 한전연료-핵 연료 등 역무가 여러 기관으로 분산되어 있어 제품 Upgrade 및 조직적인 해외 Marketing 수행 주체가 불명확하고 효율성 저하로 해외시장에 진출에 효율적이지 못함
 - 수직 계열화를 통해 규모의 경제를 갖춘 해외 원전업체들은 설계, 원전연료 제작, 주설비 제작 등 수직 계열화를 통해 규모의 경제를 갖추고 있어 Total Provider로서의 효율적인 Marketing활동을 통해 미국(Westinghouse, Toshiba, GE-Hitach, AREVA), 중국(Westinghouse, AREVA, Rosatom) 등 주요 원전 시장에서 조직적인 Marketing을 통해 시장 진입에 성공할 수 있음

□ 기회요인

- 세계 원자력에너지 수요증가에 따른 원자력 르네상스 시대의 도래
 - 원자력에너지에 대한 수요증가 및 중국, 동유럽, 동남아시아 등 개발도상국들의 원전건설 추진확대등으로 인해 원전 수출을 위한 기반마련
- 선진국의 원자력 발전소에 대한 재인식
 - 미국의 경우 이전 30년간 원자력 발전소 건설을 수행하지 않았으나 원자력발전소 필요성에 대해 재인식 후 투자확대를 결정함

□ 위협요인

- 세계 원자력 산업구조는 빅3에 의해 과점됨
 - 세계 원자력 산업은 WH/도시바, GE/미츠비시, 아레바의 빅3 회사들에 의해 선점됨
 - 선진국, 중동, 동유럽 시장은 이미 빅3에 의해 건설계약등이 완료됨
- 원전발주 국가들의 서방기업 및 기술 의존도 확대
 - 원전발주 국가들은 우리나라와 같은 신흥 원전사업자 보다 원전을 개발하고 보급한 서방 국가들의 기술력을 선호함
- 신재생 에너지 및 환경보호 단체들의 저항
 - 유럽 선진국의 경우 신·재생 에너지의 보급확대를 위해 원자력 발전소 건립을 중지하고 있으며, 환경보호 단체들의 방사능 누출등에 대한 우려

와 저항이 거셉

<표 4-4> 원자력 SWOT 분석

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 경험과 노하우 가진 인력보유 ○ 자체개발 원자로의 가격경쟁력 ○ 원자력발전소 건설 및 가동경험 ○ 발전소 운영 효율성/안전성 높음 ○ 정부의 강력한 정책적 의지 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심원전설계등 기술부족 ○ 원자력 기술의 브랜드 가치 열위 ○ 원자력 발전소 수출경험 전무 ○ 국제적 파트너십 마련 부족 ○ 분산된 수출사업 구조
기회요인(Opportunity)	위협요인(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계 원자력에너지 수요 증가 및 지속적 성장 가능성 ○ 중국, 동유럽, 동남아시아 등 개발도상국의 원전건설 확대 추진 ○ 선진국은 원자력발전소의 필요성에 대하여 재인식 후 투자확대 결정 ○ 원자력사업 활성화를 위한 각국의 지원 약속 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중국의 원자력 건설기술의 향상 ○ 세계 원자력 산업구조가 소수의 기업에 의한 과점형태 재편 ○ 서방기술에 대한 선호도 ○ 선진국, 중동, 동유럽 등 시장은 이미 빅3에 의해 선점됨 ○ 환경보호와 관련한 저항 ○ 타 신재생에너지와의 경쟁

2) 마스터플랜

(1) 과점화된 세계시장에서의 생존전략 수립

□ 협력 네트워크를 구축

- 세계 원전 시장은 웨스팅하우스-도시바, AREVA-미쓰비시, GE/히타치, 러시아 연방원자력기구 등으로 4등분되어 있음
- 상황에 따라 네트워크를 활용할 수 있게 사전에 협력방안을 마련해 놓아야 함
- 먼저 웨스팅하우스-도시바와는 협력은 이미 기술적으로나 시공경험으로나 협력이 가능하기 때문에 단기적으로 이를 공고히 하는 방안 마련
- GE/히타치, 러시아와 AREVA-미쓰비시의 경우 기술적으로나 문화적으로 거리가 있는 것이 현실임. 따라서 이들과는 장기적 협력 방안을 구상해야함

☐ 기술협력 방안의 모색

- 원천기술이 확보되지 않은 상황에서, 웨스팅하우스의 기술을 통한 학습이 대부분인 우리나라는 언어 및 문화적인 면에서 도시바-웨스팅하우스와 기술협력을 통한 시장진출이 가장 현실적임
- 원천기술 확보 전까지는 지속적인 기술협력이 필요함

☐ 원천기술의 확보를 통한 자생적 시장의 확보

- Nutech2015를 통한 원천기술의 확보는 한국형원자료를 텀키방식으로 수출할 수 있는 기회를 줄 것으로 기대함
- 최근 Nutech2015를 Nutech2012로 바꾸어 원천기술개발 기간으로 단축하려 시도하는 것은 바람직하지만, 너무 서두르다 제대로 연구결과를 못 낼 가능성도 있음을 주의해야 함

(2) 규모의 경제 누릴 국내 산업구조의 확립

☐ 국내 산업의 수직계열화 필요

- 국내 원전 산업 구조가 프로세스별로 개별적인 회사로 분할되어 있는데, 이를 수직계열화하는 것이 필요함
- 세계 원전시장의 70%이상을 점유한 모든 기업들은 대부분 수직계열화를 통한 규모의 경제를 이루어 경쟁하고 있음
- 프랑스의 AREVA는 1990년대 말과 2000년대 초반에 걸쳐 이미 수직계열화 달성하고, 2006년 마쓰비시와의 협력도 강화함

☐ 국내 중소기업과 대기업과의 긴밀한 네트워크 구축

- 국내 중소기업들이 공식적인 부품조달 업체가 될 수 있는 지원 필요
- 현재 IAEA에 등록된 공식 조달업체의 수가

(3) 지역별 차별화된 원전플랜트 package 디자인

☐ 일괄도급형식 또는 턴키계약이 가능한 지역 또는 국가 발굴

- 원전의 일괄도급계약 가능성이 높은 지역은 원전에 대한 정치이해관계가 민감하지 않은 지역임
- 인도네시아, 베트남 등의 동남아시아, 사우디아라비아, 쿠웨이트, UAE 등의 중동아시아는 아직까지 아레바가 진출한 적이 없어서 일괄도급형식의 계약 추진이 가시적임
- 아프리카 지역은 아레바가 시장점유율 100%이나 다른 분야의 진출 실적을 바탕으로 미래 진출 전략을 수립하면 가능성이 있음

☐ 정치적 문화적 투자를 포함한 턴키계약의 모색

- 원전수출 여부는 정치적 이해관계와 해당 국가의 정부입장이 매우 민감함
- 이에 대하여 과거 선진국들의 경쟁 입찰 사례를 보면, 플랜트 자체 뿐만아니라 그 외 정치적 지원을 받기위한 서비스를 통합하여 제공함
- 특히 해당국가에서 정치적 지원을 받는데 필요한 지원을 파악하는 것이 필요함
- 최근 UAE의 원전계약 입찰에 프랑스의 아레바는 스포츠경기장을 원전과 함께 제공하겠다고 UAE정부에 제시함
- 이러한 계약을 위법이나 불법적인 계약으로 보지 않고, 촉진적 수단으로 보는 것이 합리적임

☐ 북미지역의 경우 합작이나 컨소시엄방식으로서의 진출이 보다 합리적임

- 미국의 경우 원자력발전의 종주국이라서 턴키방식으로 한국형 원자로수출은 어려울 것으로 예상됨
- 그러나, 향후 5년내에 약 30여개의 원자력발전소가 수명이 다해 재건설 여부를 결정해야 하는데, 지난 30년간 실제 건설을 해보지 않았기에 시공능력과 시공인력이 부족한 상황임

- 따라서 웨스팅하우스와 합작하여 진출할 가능성이 높음
 - 브랜드는 웨스팅하우스를 주고, 우리나라기업 (예:두산중공업)은 핵심기술들을 공급하고, 운영도 맡는 계약도 생각해볼 필요가 있음
- 최근 인도의 경우 원자력폭탄 개발과 관련 하여 미국, 러시아와 서유럽국가들과의 관계 개선을 위하여 원자력 발전소를 건설 계획을 발표하였음
 - 최근 AREVA가 가장 빠르게 계약하였으며, 미국과 러시아도 수주를 위해노력하고 있음
 - 우리나라도 이러한 상황에서 인도와의 총체적인 정치, 경제적 협력방안의 한 틀에서 원자력발전소 수주를 논의하는 것이 필요함
 - 동남아시아 국가 중 베트남 또한 원전발전소 건설계획을 발표하였는데, 역사적으로 프랑스와 긴밀한 관계를 갖고 있으나, 최근 우리나라 기업들의 진출로 인하여 원전건설 수주 가능성이 높은 지역으로 분류됨
 - 베트남에는 단기적으로 웨스팅하우스와의 컨소시엄 구성을 통하여 진출하는 방안과 장기적으로 원천기술을 확보한 후 진출하는 방안까지 마련할 필요가 있음
- UAE, 요르단 등 중동아시아의 경우 원자력의 정치적 문제가 없는 곳에 진출이 가능함
 - 특히 UAE의 경우 최근 한국전력과 AREVA와 수주전이 치열한 바, 웨스팅하우스와의 협력을 통해서라도 수주하는 원전건설을 수주하는 것이 장기적으로 바람직하다고 판단됨
 - 향후 요르단, 사우디아라비아 등의 원전건설 수주는 정치적으로 포괄적인 협상 package를 갖고 임하는 것이 필요
- 중앙아시아의 경우 관련 구소련의 기술을 도입한 국가들이 구소련의 원자력기술로부터 탈피할 수 있도록 포괄적 진출방안이 필요함
 - 카자흐스탄,格鲁지아, 우즈베키스탄 등 중앙아시아의 경우 전통적으로 구소련의 기술적으로 종속되어 있음

- 이러한 국가들이 최근 급속한 경제발전 전략과 에너지 개발 전략을 동시에 진행하고 있는 것에 착안하여, 보다 포괄적인 협상 package를 제안할 필요가 있음

2. 풍력

1) SWOT분석

□ 국내 산업의 역량

- 시스템과 연관된 산업 기반이 튼튼하여 잠재역량은 매우 높은 편임
- 우수한 발전업체와 중공업, 조선업 등 SI 사업역량이 풍부한 세계적인 기업들이 존재
- 단조품 등 세계적인 기술수준의 부품업체가 존재하며, 현재 선도 풍력업체에 납품 중
- 이들 관련 산업의 업체들은 국내 풍력시장의 여건과 무관하게 세계 시장 진출을 준비 중
- 풍력 전문의 인력 및 기술기반이 미비한 상황이나 연관 산업의 지원을 통해 보완 가능
- 풍력 시스템에 관한 기술 자체는 부족한 상황(중대형 풍력시스템 개발이 완료되어 국제인증 취득한 상황이나 신뢰도 확보가 부족, 상업용 풍력단지에서 운영 실적이 미흡)
- 일부 핵심 부품에서 기술력 또는 기업 규모 취약(기어박스, 베어링 분야에서 선도업체 대비 기술력 취약, 베어링의 경우 핵심부품이지만, 풍력시장만으로는 수익성 확보가 어렵기 때문에 국내 기업의 진입이 어려움)
- 금융기반이 선진국 대비 취약.대규모 투자를 필요로 하는 풍력산업의 특성상 대형 투자여력과 능력을 가진 금융기관이 필요
- 협소한 국내 시장규모로 인하여 자국 산업의 육성에 한계가 있음

- 해상풍력 분야에서는 육상에 비하여 풍력에 적합한 지리적 장점을 갖고 있어 향후 해상풍력 분야 진출 잠재력 높음
- 해상풍력 분야에서는 육상에 비하여 풍력에 적합한 지리적 장점을 갖고 있어 향후 해상풍력 분야 진출 잠재력 높음

□ 기회요인

- 신재생에너지 산업은 지속적인 급성장이 예상되며, 특히 풍력은 주 에너지원으로 인식을 넓혀가고 있음
 - 각국 정부의 지원책이 견실하고, 민간 자본도 활발히 유입 중임. 특히, 풍력터빈에 대한 공급부족으로 시스템 업체의 입지 강화
- 풍력발전은 대규모 발전이 가능하고, 발전단가가 낮아 탄소시장 활성화와 더불어 가장 유력한 기술로 성장할 것으로 예상
- 국가별로 풍력시장의 성숙도가 상이하여 지속적으로 신흥시장이 탄생할 것으로 예상됨
 - 향후 대규모 해상풍력이 부상할 것으로 예상됨
 - 일부 풍력 선도국에서 육상풍력지의 소진 등의 이유로 해상풍력이 부족
 - 2015년을 전후하여 대규모 해상풍력이 부상할 것으로 예상

□ 위협요인

- 산업주기 상 성장후반 단계 또는 성숙초기 단계로 신규진입 시 빠른 진입시점이 필요
 - 선도 기업간의 M&A를 통하여 빠르게 과점화가 진행 중
 - 상위 5개 업체가 전체 시장의 80%를 점유
- 소음 등 환경 관련한 저항과 복잡한 인허가 절차가 문제점으로 대두
- 원자재 가격 상승과 부품 공급 부족으로 인한 풍력터빈의 가격상승이 시장 확대의 제한요건으로 작용
- 기존 풍력 강국 외에 신흥 국가들이 지속적으로 풍력 시장을 확대

<표 4-5> 풍력 SWOT 분석

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 중공업, 조선 등 연관산업기반 우수 ○ 발전설비,철강 등 일부부품 산업기반 우수 ○ 전력운영, 프로젝트개발 등 분야 경쟁력 보유 ○ 대형 전력망이 구축되어 있어 대규모 풍력단지 개발이 가능 ○ 정부의 확고한 정책적 지원의지 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심기술력 미흡 ○ 경험부족 - 보급 및 운영실적 미흡 ○ 풍력산업의 Value Chain 구성 취약 ○ 전문 인력 부족 ○ 풍력자원 한계 <ul style="list-style-type: none"> - 風況 양호한 지역 제한적 - 개발제한(or 규제)에 따른 한계 ○ 협소한 내수시장
기회요인(Opportunity)	위협요인(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 고유가 지속에 따라 신재생에너지 (풍력 등)의 경제성 증대 ○ 세계 각국 정부 관련 정책지원 ○ 민간자본의 활발한 유입 ○ 풍력산업 특성상 상대적으로 용이한 시장 참여 <ul style="list-style-type: none"> - 풍력분야는 성숙산업으로 기술변화 속도 느림(IT, 전자산업 등 대비) ○ 신흥시장의 부상 -중국, 인도 ○ 해상풍력의 부상 ○ 풍력터빈 대형화에 따른 터빈 교체 수요 ○ M&A 활성화로 시스템사업분야 진출 기회 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상위 업체가 시장 과점화 <ul style="list-style-type: none"> - SI, 기자재, 부품 분야의 선두주자가 시장을 과점 ○ 진출가능 시장이 극히 제한적-유럽, 미국 등 선진국 진출의 어려움 ○ 자국산 기자재, 부품 사용 의무화 <ul style="list-style-type: none"> - 중국, 인도 등은 70% ○ 전력망 연계(Grid Connection)의 어려움 ○ 환경보호와 관련한 저항 <ul style="list-style-type: none"> - 소음, 자연환경 파괴, 동식물 보호 ○ 타 에너지원과의 경쟁 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 화석연료의 청정화 기술 - 기타 신재생에너지

2) 마스터플랜

(1) 시스템산업의 육성을 통한 선순환구조 마련

☐ 육상과 해상풍력시장의 시스템산업 진출 선 진출여부

- 원천기술이 확보가 아직 안된 상황에서 풍력시장의 진출은 먼저 시스템산업의 진출에 있음
- 핀란드, 스웨덴은 기어박스과 발전기 등 발달된 핵심부품 산업을 기반으로 시스템 산업으로 확장

- 중국은 미비한 부품산업 기반을 확보하기 위하여 자국 시장의 대폭 확장과 국산화 비율 강제를 통하여 해외기업의 부품산업 투자를 유치하고, 이를 바탕으로 자국의 시스템 업체가 성장하는 선순환 구조를 형성
- 우리나라의 경우 시스템 산업 조기육성후 부품 국산화 추진모델과 부품산업 육성 후 시스템 국산화 모델 중 어떤 모델이 더 효율적인지 판단해 보아야 할 것임

□ 시스템 산업 조기 육성 후 부품국산화를 추진할 경우

- 국내 풍력단지의 대규모 보급을 통하여 국내 시스템 업체를 조기 육성
- 시스템 업체가 글로벌 사업 역량을 갖춘 시점에서 시스템 업체와 국가가 부품 국산화 추진

□ 부품산업 육성 후 시스템 산업 육성의 경우

- 국산 풍력 부품이 개발되고 신뢰성을 얻은 시점에서 이를 바탕으로 국산 시스템 업체 육성
- 부품산업이 미흡한 중국은 해외선진 기업의 유치를 통하여 부품산업을 발전시키고 이를 바탕으로 국내 시스템 업체가 발전
- 해외기업의 국내 유치를 위해서는 국내 풍력시장의 대규모 확장이 필요

□ 국내의 여건과 대외적 환경을 고려할 경우 시스템 업체의 육성이 단기적으로 가장 시급하므로 시스템 산업 육성 후 부품국산화 전략이 타당함

- 시스템 업체는 각자 여건에 따라 부품분야로 확장하거나 아웃소싱 가능하며, 대부분 발전단지 개발 등 EPC 업까지 담당
- EPC 업체는 풍력터빈을 구매하여 단지개발과 설치/시공을 담당. 매출 규모는 크지만 수익성은 낮음
- 원가구조 측면에서 시스템 업체가 풍력산업 시장에서 70% 이상의 비중
 - 풍력단지 원가구조에서 풍력터빈은 육상의 경우 70%, 해상의 경우 43%

- 시스템업체가 터빈 납품 및 설치/시공을 담당하므로 풍력 시스템 업체가 풍력단지 원가의 70% (해상) ~ 90%(육상) 정도를 담당
- 부품산업의 경우 연관산업의 전체적 발전이라는 장점이 있으나, 업의 특성과 국내 여건상 시스템 업체 없이 부품산업 만을 육성하기 어려움
 - 부품의 표준화가 어렵고 시스템에 대한 인증이라는 제도 특성상 시스템 업체와의 관계없이 부품사업자의 단독 개발은 사실상 불가능

(2) 관련 다각화를 통한 수직계열화의 추구

- 현대중공업, 두산중공업, 효성중공업 등 대기업은 이미 갖고 있는 계열사를 활용하거나 M&A를 통하여 수직계열화가 필요함
 - 지금 풍력시장은 원자력에 비하여 시장이 아직 성숙하지 않았기 때문에, 아직도 풍력시장을 선도하는 주요 기업들은 부문별 수직계열화만이 이루어짐
 - 세계에서 시장점유율이 제일 높은 Vestas도 기어박스를 100% 아웃소싱하고 있는 상황임
 - 미쓰비시의 경우 관련다각화를 통하여 경쟁력을 확보한 사례임
 - 세계 6위의 Siemens의 경우 풍력발전과 관련된 모든 사업을 수행하고 있으며, M&A로 부품에 대한 내부역량을 확보하고 미국과 영국 시장에 집중하고 있음
- 수직 계열화를 이룰경우 부품 조달 확보와 이익률 향상
 - Blade, Controls, Gearbox 등 핵심부품의 수직계열화를 통하여 최근 풍력 산업의 부품 공급 부족에도 불구하고 안정적으로 부품을 확보할 수 있음
 - 수직 계열화는 부품의 안정적 조달 외에도 이익률 향상도 도움을 줌
 - 이를 통한 해외시장 진출은 성공의 관건으로 작용하고 있음
 - 수직계열화가 미비될 경우 수익률 하락과 해외시장 진출이 지연된 사례들이 있음
- 우리나라의 경우 부품업체와 시스템업체 설치·시공업체의 수직계열화를 통해 세계적 경쟁력을 갖춘 대기업이 필요함

(3) 해상풍력 관련 기술개발 및 투자에 집중

□ 육상풍력시장은 이제 성숙하여 선진국에서는 단지조성 조차 어려움

○ 독일 등 유럽은 육상풍력단지 부족현상이 나타나기 시작함

○ 미국과 일본은 아직 육상풍력단지 조성의 여유가 있으나, 해상풍력 관련 기술의 발전과 해상풍력의 효율성이 부각됨에 따라 해상풍력에 대한 연구가 급속히 진행 중임

□ 우리나라의 경우 담수해수플랜트 및 조선 관련 기술에 대한 투자가 어느정도 있기 때문에 해상풍력플랜트에 대하여 잠재적 경쟁력이 있음

○ 두산중공업의 해수담수플랜트 기술은 세계적으로 인정받고 있음

○ 현대중공업 및 포스코 등은 해상풍력 관련 기자재 기술역량이 상대적으로 많이 축적되어 있음

□ 국가 R&D 사업을 통하여 해상풍력 시스템을 개발하고, 이를 이용한 대규모 해상실증단지 구축

○ 국가 R&D 분야에서는 해상풍력 관련 기술 확보 및 주요 부품의 시스템 단위 실증 수행

- 해상풍력 실증단지와 연계하여 시스템, 계통연계, 운전 기술 등 해상풍력에 관련한 여러 분야에서의 기술 확보

○ 단기 R&D 과제를 통하여 개발된 부품들을 통합하여 시스템을 구성하고 실증 작업을 통하여 기술 강화

- 부품 위주의 성능구현이 완료된 부품들을 통합하여 시스템을 구성

- 시스템 단위의 실증 작업을 통하여 내구성 등 신뢰도 확보

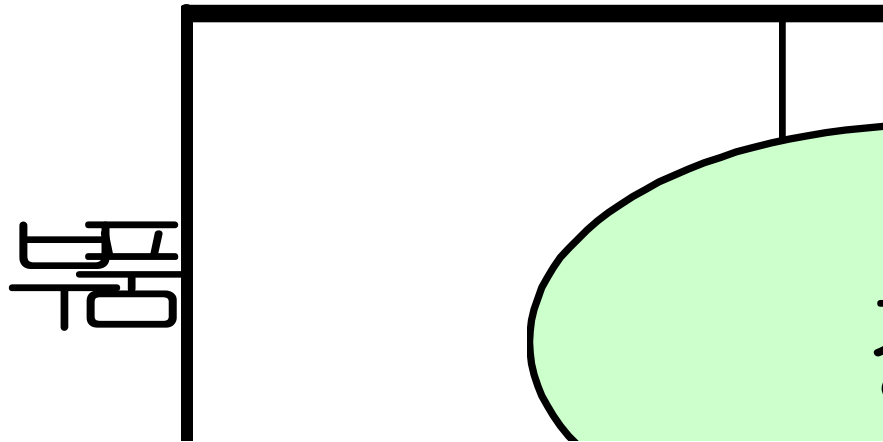
- 시장 성장성이 높은 발전기, 기어박스, 베어링 등에 집중

(4) 대형 풍력단지 조성 모색

□ 영국은 해상풍력 분야에 선도적 위치를 점유하기 위하여 대형 해상풍력 단지를 적극적으로 개발하면서 동시에 공급사슬 상의 부품업체 들을 육성시키려는 정책 방향을 설정

- 영국은 시스템 업체가 없기 때문에 대형해상 풍력단지 개발을 통하여 부품 업체와 단지개발 업체를 육성하고자 함
- 대규모 해상풍력 실증단지를 통한 해상풍력 시스템 및 해상풍력 단지 개발 기반 확보
 - 세계적으로 2015년을 전후하여 해상풍력 시장이 급성장 할 것으로 예측
 - 국내 자연여건이 해상풍력에 유리하므로 해상풍력 단지 보급을 통한 산업 육성이 육상풍력 보급보다 용이
- 장기적으로 대형 해상풍력단지의 보급 확대와 연관부품 산업 육성을 통하여 풍력산업의 전 가치사슬을 육성
 - 풍력산업의 특성상 규모의 경제가 필요하고, 내수 시장을 바탕으로 성장하는 것이 필요
 - 국내 대형 해상풍력단지를 기반으로 국내 풍력 시스템 업체가 규모의 경제 구축 가능
 - 육상 풍력시스템과 해상 풍력시스템은 기술상 차이가 적기 때문에 해상풍력의 보급을 통하여 육상 풍력시스템 분야에서도 규모의 경제 구축 가능
 - 시스템 업체의 경쟁력 확보를 위해서는 주요 부품에 대한 국산화 필요
 - 풍력시스템의 특성상 부품의 기능이 전체 시스템의 성능에 영향
 - 안정적인 부품의 수급을 위해서도 부품의 국산화 필요
 - 부품산업 육성 시 풍력뿐 아니라 다양한 연관산업으로 확장 가능

<그림 4-3> 해상풍력산업 전략 방향성



3. 태양광

1) SWOT분석

□ 국내 산업의 역량

- 반도체, LCD 등 태양광산업 가운데 태양전지 부분의 발전에 기여 가능한 확고한 기반산업이 존재하며, 특히 반도체 관련 장비 부분의 노하우가 여러 종류의 태양전지 제조에 강점으로 작용
- 태양광산업의 가치사슬 상 그 동안 Downstream에 경도 되어 있던 기업군이 아닌, Upstream쪽의 관련 대기업군이 사업 참여 혹은 의지를 천명
- 실리콘, 잉곳, 웨이퍼 등 태양광 소재 부문에 화학 및 연관 산업 부문에서 실적을 시현해 온 중견, 중소기업의 진출이 가시화(동양제철화학, KCC, 네오세미테크 등)
- 태양광 관련 예산 국제 비교에 있어서의 상대적 우위(IEA'06년 기준 4위), 태양광에 대한 정부의 확고한 정책적 지원
- 기반 인력 Pool이 탁월하고, 우수한 생산공정 기술 기반을 보유하고 있음
- 태양광 환경, 전력요금 체계 등으로 고려 시 태양광 발전에 유리한 환경과는

거리가 있으며, 정부의 시장보급 의지에 의존하여 내수시장을 지속적으로 창출하는데 한계가 있음

- 반도체, LCD 등 관련 산업을 보유하고는 있지만, 태양광 산업에 특화된 원천 기술을 확보하고 있지는 않은 상황임.
- 기업 입장에서는 태양광 분야에 있어서의 직접적인 사업 경험이 일천하기 때문에, 향후 예상되는 산업 자체의 변동성(Fluctuation)에 유연하게 대처하는 능력이 부족함.
- 태양광산업의 가치사슬상 upstream에서 downstream에 이르는 일련의 가치사슬상 기업간 실적 및 잠재능력 상의 격차가 엄존하고 이들 기업간 파트너십 형성이 미흡
- 상대적으로 R&D예산 비중이 취약(미국: 21.6%, 일본: 15.1%, 영국: 47.8%, 한국: 16.2%)하고, 절대 금액도 적음
- 유망한 중소기업의 자금 조달이 어렵고, 태양광 산업에 갓 진입한 유망한 중소기업의 설비 투자자금 확보에 있어서의 어려움 상존... 일부 태양광산업 관련 기업들의 기업운영 형태가 투기적이라는 인식이 일반인들에게 강함.
- 태양광산업에 특화된 인력 육성을 위한 인프라가 미비함... 그동안 반도체, LCD 등 연구비 지원을 받기가 용이한 기 유망한 분야로 연구인력이 집중되어 온 측면이 강함

□ 기회요인

- 기후변화협약(UNFCCC)에 의해 신재생에너지 부문에 대한 관심 지속
 - 화석에너지의 지속적인 가격 상승 및 장기적 관점에서의 원유가격 급등 전망
- 향후 태양광산업 분야의 글로벌 시장이 확대될 전망. 동 산업의 수출산업화 기회 증대로 연결될 가능성

- ‘차세대 태양전지 기술’에 대한 대대적 투자로 글로벌 관점의 ‘경쟁 법칙’을 변화시켜 태양전지 부문의 강자로 올라설 수 있는 잠재력 보유
 - 전세계의 태양전지 시장은 초기단계에 머물러 있고, 소위 ‘절대 강자’의 시장 참여는 아직 가시화되고 있지 않은 상황
- 환경 이슈의 지속적인 부상(浮上)으로 신재생에너지 관련 보급 예산의 증액 가능성 내재(內在)

□ 위협요인

- 태양광은 신재생에너지원(源) 가운데 경제성이 취약한 에너지의 하나로, 신재생에너지源 간 경쟁에 있어 기술·비용 상의 한계에 노출될 가능성
- 미국, 일본, 독일 등 주요 선진국 기업들의 공격적 투자 및 사업 확대와 스페인, 이탈리아, 중국 등의 국가적 차원의 투자 확대. 소위 Cost Leadership에의 대응에 어려움
- 선진기업들의 자회사 설립 등을 통한 수직계열화로 태양광 사업 능력이 지속적으로 강화
- 선진국은 물론 중국, 대만 등 경쟁국 신규업체의 진입에 따른 경쟁 격화
 - 단기적 수급 불안, 시장전망의 불일치 등으로 한계기업이 발생하여 이들의 투매(投賣)로 인한 시장교란 가능성
- 2010년을 전후하여 태양광 수요와 생산능력 간 극심한 격차 발생 전망이 나오고 있어 이에 따른 무역장벽의 가능성도 예상해 볼 수 있음

<표 4-6> 태양광 SWOT 분석

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 반도체, LCD 등 태양광산업 발전에 기여 가능한 기반산업 존재 ○ 관련 대기업의 참여의지 ○ 화학 및 연관산업 기업의 태양광 소재 부문 진출(DCC, KCC 등) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내수 시장의 지속적 창출 어려움 ○ 후발주자로 사업경험이 부족 ○ 원천기술 확보 미흡: 태양전지 셀 제조 부문의 역량 미흡 ○ 정책예산이 주로 보급에 편중

○ 정부의 확고한 정책적 지원의지 ○ 우수한 공정/장비기술 기반	○ R&D 비중은 상대적으로 낮은 편 ○ 태양광 전문인력 Pool 미미
기회요인(Opportunity)	위협요인(Threat)
○ 기후변화협약에 의한 신재생에너지 특히, 태양광 관심 지속 ○ 화석에너지의 고가격세 유지 ○ 향후 글로벌 시장 확대 가능성 → 수출 산업화 기회 증대 ○ 글로벌 관점에서 '절대강자'의 시장참여는 미진 ○ 태양광은 산업 초기단계로 선도업체의 시장지배력이 미약	○ 정책의존적 산업 속성 상 시장성장의 불확실성 존재 ○ 신재생에너지源 중 태양광의 비용적 한계 ○ 주요 선도업체의 공격적 투자와 수직계열화로 저가격화 부담 ○ 신규업체의 활발한 진입에 따른 경쟁 격화 ○ 와해성(Disruptive) 태양전지 혁신기술 공존 ○ 수요와 생산능력 간 극심한 격차발생 전망에 따른 무역장벽 가능성 ○ 기술기반이 미약해 사업경쟁력을 확보하지 못한 한계기업의 투매 등에 따른 시장교란 가능성(특히, 중국업체)

2) 마스터플랜

(1) 국내 태양광산업의 경제성 확보

- ☐ 국내 내수시장 확장으로 위하여 대규모 사업용 건물과 공공기관 신축시 건물일체형 태양광발전(Building Integrated Photovoltaic:BIPV)를 의무화하는 방안이 필요함
- ☐ Supply Chain의 수직계열화 및 관련다각화를 통하여 가격경쟁력 향상을 도모해야 함
- 동양제철화학, LG그룹, 현대중공업-KCC 등의 적극적 M&A 또는 계열화 작업이 필요

(2) 가치사슬별 연관산업의 기술력 활용을 통한 시장진출

- ☐ 국내 디스플레이 산업과 장치산업기반을 활용하여 실리콘 박막 태양전지를 위한 요소기술 우선 확보

○ 디스플레이 기반 대면적 모듈 제조를 위한 기술개발 추진

□ 차세대 태양전지의 경우 국제공동연구 및 벤처기업과의 공동연구 추진

○ 박막형(CIGS) 태양전지의 생산에 필요한 진공공정을 개선한 저렴한 비진공방식 등의 개발이 필요

(3) 태양광 시대의 본격적인 확대에 대비한 미래 De facto Standard의 확보노력

□ 반도체산업 육성 경험을 바탕으로 공공부문에서는 차세대 태양전지 R&D에 대한 투자와 지원에 집중하여 미래 표준기술 확보

○ CIGS 태양전지, 염료감응형 태양전지, 유기 태양전지 등에 대한 연구개발 지원 및 투자가 신속히 이루어져야 함

□ 차세대 태양전지의 양산체제 구축을 통한 경쟁력 확보

○ 대규모 제조설비 투자자금의 저금리 융자, 각종 세제지원 등도 적극 검토해야 함

4. 청정연료(GTL/LNG)

1) SWOT분석

□ 국내 산업의 역량

○ 우리나라의 경우 LNG와 GTL 플랜트를 건설할 수 있는 경험과 고급인력을 보유하고 있음. 특히 석유화학분야의 경우 해외건설 수주를 오랜기간 수행하였으며 노하우(know-how)를 기업마다 보유하고 있음

○ 우리나라 민간 기업의 경우 최근 LNG/GTL 해외 플랜트 발주의 횟수가 증가함에 따라 청정연료 플랜트 건설을 위한 개발의지가 매우 높음

- 정부의 정책적인 지원대상 산업임
- 하지만 핵심액화공정 실적의 부재 및 엔지니어링 기반이 취약하여 우리기업이 단독 수주 하는데 애로사항이 있음
- 또한 원천공정 및 재료 조달의 여건이 취약하며, 기회 및 개발형 사업이 활성화 되지 못한 약점이 있음

□ 기회요인

- 세계천연가스 증가에 따른 해외 진출기회의 증가 및 대형공사 수주 가능성
- 플랜트 분야의 국가 R&D 사업확대 및 예산지원등의 증가
- 에너지 안보차원에서의 국가적 차원의 중요사업으로 인식

□ 위협요인

- 시장진입장벽이 매우 높으며, 글로벌 기술경쟁으로 인한 과점화 현상의 심화
- 연구개발사업의 투자 미흡 및 이공계 인력의 지원기피현상 심화

<표 4-7> 청정연료 SWOT 분석

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> ○ IT 및 고급인력 보유 ○ 석유화학분야 건설경험 보유 ○ 민간의 개발 의지 ○ 정부의 정책적 지원의지 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원천공정/축매/재료 취약 ○ 엔지니어링 기반이 취약 ○ 핵심액화공정 실적 부재 ○ 기획 및 개발형 사업 부재
기회요인(Opportunity)	위협요인(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계 천연가스수요 증가 ○ 세계 각국의 에너지 안보차원 접근 ○ 플랜트분야 국가 R&D 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 글로벌 기술경쟁 증대 ○ 연구개발 기반기술 투자 미흡 ○ 이공계 지원 기피현상

○ 실증개념의 Test○Bed 조성	○ 시장진입장벽(기술, 카르텔)
---------------------	-------------------

2) 마스터플랜

(1) 과점화된 세계시장에서 생존전략 마련

☐ 기술에 의한 시장의 독점은 세계시장의 추세임

○ 세계시장에서 경쟁력확보를 위해서는 원천기술의 개발이 선행되어야 함

☐ 해외시장 진출을 위한 전략방안은 크게 단기 방안과 장기방안으로 구분

○ 단기적으로 선진그룹기술사들과 컨소시엄 구성을 통하여 일부 공정분야에 진출하는 방안

○ 장기적으로 원천기술을 확보한 후 시공과 설계 등의 분야까지 진출하는 방안
까지 마련할 필요가 있음

(2) 선진그룹기술사들과 전략적 제휴를 통한 일부 공정분야에 진출-단기전략

☐ 청정연료의 EPC사업 과정에서 참여 가능한 지역 또는 국가 발굴

○ 기술협력을 위한 선진 기술사 그룹들과 네트워크 구축

- 원천기술이 확보되지 않은 상황에서, 선진 기술사 그룹과 기술협력을 통한 시장진출이 가장 현실적임
- 원천기술 확보 전까지는 지속적인 기술협력이 필요함

○ 선진 기술사 그룹(Sasol, Shell, ExxonMobil)들과 네트워크를 적극적으로 구축하여 사전 협력방안을 마련해 놓아야 함

☐ 사업 수행역량 강화

- 조사·분석능력 선진화 (해외정보 수집/가공/데이터베이스, Case Study 등)
- 프로젝트 기획능력 제고; 수요처에 적합한 플랜트 기획, 시나리오 기반의 사업 타당성 평가기법 및 절차, 개념설계(grand design) 등
- 사업수행능력 제고; 사업위험평가, 종합수행체계(EPC O&M) 고도화 - 성과측정 지표 개발 및 활용, 국제 호환의 STEP (Standard for The Exchange of Product Model Data) 기반의 정보 등 분류체계 표준화 (도면, 기준 및 절차서, 시방서, 공사비, 각종 정보 등), 선진사업관리시스템 구축 및 정착, IT 인프라 구축 및 활용 등), vendor list, financing 등

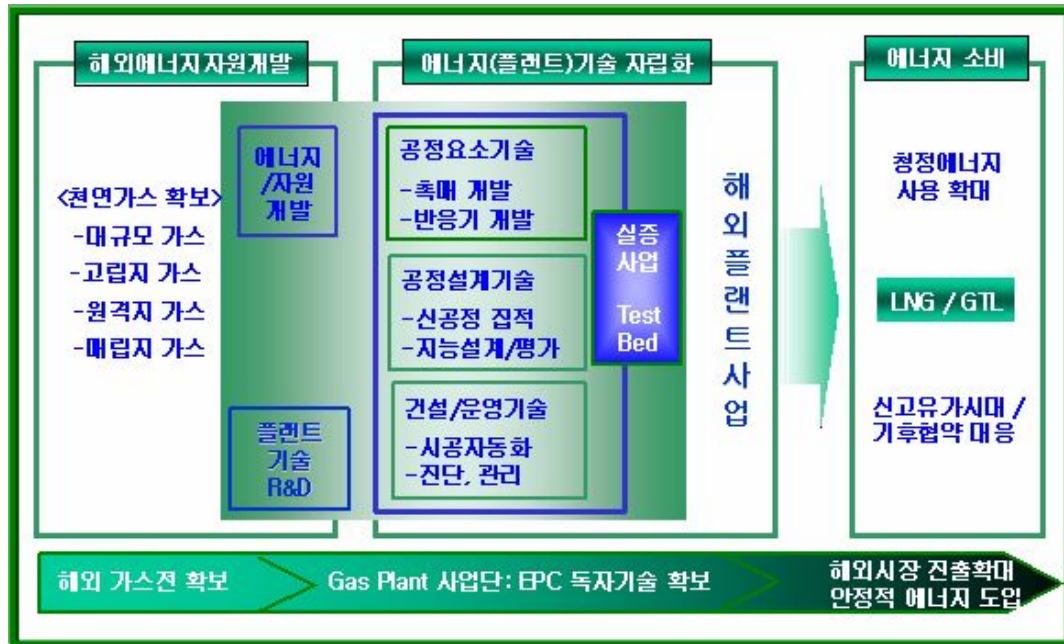
(3) 원천기술 확보를 통한 시공과 설계 등의 분야까지 진출-장기 전략

☐ 원천기술의 확보를 통한 자생적 시장의 확보

☐ 해외시장 진출을 위한 EPC 독자기술 확보와 대규모 실용화 경험 확보

- 가스플랜트 해외시장 진입을 위한 EPC 필수기술(공정, 설계응용, FEED 패키지 등) 확보
- 선진 업체의 가스플랜트 시장 카르텔 형성 및 기술이전 기피에 따른 자체기술 개발
- 이의 실증을 위해서는 Test-Bed 구축 등 대규모 사업단 과제의 추진

<그림 4-4> 가스플랜트 연구개발사업 기본방향 연관관계



□ 플랜트 건설산업의 새로운 기술 변화 및 가치를 고려한 기술혁신

- 공종별 기술변화(공정방식, 공법, 재료 등)를 고려한 가치 제고
- 시장흐름과 제품의 기능과 서비스, 기술을 고려한 중장기 로드맵을 마련

□ 원천/기초기술 확보를 위한 지속적, 장기적 투자가 요구됨

- 중소형(1,000-10,000 gallons/day) 가스플랜트(에너지원천이 기존 석유류에서 가스류로 다양화되고, 기술변화가 석유자원개발과 석유화학(정제포함)기술에서 가스류를 개발·이용기술로 변화되고 있어 기회요인으로 볼 수 있음.
 - 초저온기술; 저온액화기술, 초저온저장기술
 - GTL 합성기술; 반응공정, 촉매 등
 - 시스템 및 요소기기 위험평가기술; 해석기술, 진단기술, 모니터링기술 등
 - GTL 플랜트 기본설계기술; specification
 - GTL 플랜트 운영관리기술; 통합제어, 시스템 진단·조치 등
 - 향후 수소경제로 전환됨에 따라 먼 장기적인 관점에서 확보된 가스에너지 기술은 수소에너지기술의 중요한 기반기술로 활용 가능함.

- 산·학·연·관 인적, 기술적 네트워크 구축: 주요 이슈에 관한 포럼, 공동연구 등을 통한 인지도 제고

제 3절 해외진출 마스터플랜 종합

1. 전략 및 시장성 평가 종합

☐ 종합적인 단기전략 (현재~2012)

- 플랜트 시공을 위주로 다양한 형태의 플랜트 해외진출
- 선도 기업들과 합작이나 컨소시엄을 구성하여 진출

☐ 종합적인 장기전략 (2013~2020)

- 원천기술 확보로 그린에너지 플랜트 수출 통한 플랜트 강국
- 미래 유망 기술에 대한 연구개발에 집중

☐ 에너지원별로 전략방향과 시장진출 방향을 수립해 보면 아래와 같음

<표 4-8>에너지원별 전략방향 및 시장진출 방향

플랜트유형	전략방향	시장진출 방향
원자력	-미확보 원천기술 개발 -해외에서 설계인증/검증	-맞춤형 시장접근 -원전+서비스 패키지
풍력	-국산풍력의 신뢰성 향상 -해상풍력 경쟁력 확보	-신흥 북미/인도/중국 진출시도 -발전사업자와 개발자 동반진출
태양광	-박막 양산체제 구축 -미래태양전지 원천기술확보	-국내시장 확보로 기업의 위험 경감 -BIPV, 휴대용전지 등 신규시장 선점
GTL/LNG	-중소형 가스전 공략 -공정설비의 compact 화	-현지 자원확보와 연계 -현지생산 및 판매

☐ 위의 전략 및 시장진입방향을 추진하기 위한 플랜트별 해외진출 여건이 상이함

<표 4-9>플랜트 유형별 해외진출 여건

플랜트유형	해외진출 여건
원자력	<ul style="list-style-type: none"> · 핵심기술의 구현은 가능하나 국산화가 아직 완성이 안된 상황 · 국내 건설 경험 많음 · 해외진출 경험은 없으나 내수 시장 건설 경험 및 인력 확보함 · 정치적 외교적 이해관계가 참여함 · 정치적 외교적 방법과 국제마케팅의 병행 필요
풍력, 태양광	<ul style="list-style-type: none"> · 핵심기술의 구현이 가능하나, 국산화가 아직 완성이 안된 상황 · 국내 건설경험이 있음 · 해외진출이 초기이고 일부분 참여로 인력 확보가 미흡 · 해외마케팅 또는 외교적 방법을 통한 시장진입 상대적으로 용이
GTL, LNG	<ul style="list-style-type: none"> · 핵심기술의 구현에 시간이 필요, 국산화에 노력이 상당히 필요 · 국내 건설 경험 없음 · 해외진출시 일부만 경험 · 해외마케팅 또는 외교적 방법을 통한 시장진입 상대적으로 용이

□ 플랜트별 전반적인 기술력 수준은 선진 기업들을 100으로 보면 약 75 수준

○ 원자력 기술이 가장 앞서 있고, 풍력과 태양광, 그리고 GTL/LNG 순

<표 4-10>플랜트별 기술력 수준

플랜트유형	수입의존도	기술수준	주요업체	R&D지원 필요정도
원자력	소	90	두산중공업	대
풍력	대	70	두산중공업, 삼성중공업	대
태양광시스템 태양전지모듈	대 중	81 64	효성, LG화학, LS산전, S-에너지, 삼성전자, 유니스 등	중 대
GTL/LNG	대	67	남부발전, 두산중공업,	대

			포스코건설, 한국가스공사, GS칼텍스, LG화학, SK에너지	
--	--	--	-----------------------------------	--

자료: 한국에너지자원기술기획평가원(2009) 로드맵 재구성

□ 국내 기업의 2000년대 해외건설 수주실적을 2001년도와 2008년도 비교 하여 살펴보면, 국내 기업들이 비교우위를 갖고 있는 지역별을 식별할 수 있음

<표 4-11> 2008년 각 지역별 건당 수주액

단위(천달러)

구분	발전소	화학공장	정유공장	가스처리시설	원유시설	기타
중동아시아	703,085	1,112,436	1,596,412	702,165	160,949	174,202
아시아	322,935	184,970	11,114	42,794	0	0
북미태평양	3,792	0	0	0	0	0
유럽	0	0	400,000	16,837	0	0
아프리카	0	0	0	19,320	581,788	77,949
중남미	597,751	0	0	0	0	0

자료: 해외건설협회 데이터베이스 재구성

<표 4-12> 2001년 각 지역별 건당 수주액>

단위(천달러)

구분	발전소	화학공장	정유공장	가스처리시설	원유시설	기타
중동아시아	436,237	159,748	311,212	85,252	5,211	831,925
아시아	9,800	4,973	0	65,997	13,855	0
북미태평양	0	0	0	0	0	0
유럽	0	0	0	0	0	0
아프리카	4,264	0	0	248,891	20,910	5,894
중남미	0	0	20,446	0	0	0

자료: 해외건설협회 데이터베이스 재구성

☐ 건당 수주액 변화추이는 발전소, 화학공장, 정유공장, 가스처리시설, 원유시설, 기타 등 크게 7개로 나눌 수 있음

☐ 발전소 분야의 건당 수주액은 중동아시아, 중남미, 아시아에서 강세를 보이며 북미태평양에는 소액 규모의 사업 수주가 진행

○ 2001년과 비교하여 2008년도에는 중동아시아 지역의 건당수주액 비중이 61% 정도 증가하였으며 아시아지역은 2001년도 9,800천달러에서 2008년도에는 322,935천달러로 매우 크게 증가하였음

○ 2001년도에는 중남미시장의 진출이 없었으나 2008년도에는 597,751천달러로 매우 높은 비중을 차지하고 있음

☐ 화학공장 분야의 건당 수주액은 중동아시아, 아시아에서 강세를 보이고 있음

○ 2001년과 비교하여 2008년도에는 중동아시아 지역의 건당수주액 비중이 69배 이상 증가한 1,112,436천달러이며 아시아지역의 수주액은 2001년도 4,973천달러에서 2008년도에는 184,970천달러로 크게 증가하였음

- 북미태평양, 유럽, 아프리카, 중남미 지역은 시장개척의 대상으로 볼 수 있음
- 정유공장 분야의 건당 수주액은 중동아시아, 유럽에서 강세를 보이고 아시아는 소액규모의 사업 수주가 진행
 - 2001년과 비교하여 2008년도에는 중동아시아 지역의 건당수주액 비중은 51배 이상 증가하였으며 유럽 지역은 2001년도에는 진출이 없었으나 2008년도에는 400,000천달러로 매우 크게 증가하였음
 - 2001년도에는 중남미시장의 건당 수주액은 20,446천달러였으나 2008년도에는 사업을 수주하지 않았음
- 가스처리시설 분야의 건당 수주액은 중동아시아에서 강세를 보이는 반면 아프리카 지역은 크게 감소했음
 - 2001년과 비교하여 2008년도에는 중동아시아 지역의 건당수주액 비중은 82배 이상 증가하였으며 아시아지역의 수주액 비중은 2001년도에 비해 2008년도에는 35%정도 감소하였음
 - 2001년도에는 아프리카 시장의 건당 수주액은 248,891천달러였으나 2008년도에는 19,320천달러로 매우 크게 감소하였음
- 원유시설 분야의 건당 수주액은 아프리카와 중동아시아 지역에서 강세를 보이고 있음
 - 2001년과 비교하여 2008년도에는 아프리카 지역의 건당수주액 비중은 28배 이상 증가하였으며 중동아시아지역의 31배 이상 증가하였음
 - 2001년도에는 아시아 시장의 건당 수주액은 13,855천달러였으나 2008년도에는 사업수주를 수주하지 않았음
- 2001년에 비해서 2008년도에는 북미태평양과, 유럽 시장으로 일부 분야의 사업 수주가 이루어지고 있지만 여전히 아시아와 중동아시아 지역이 우리나라의 주요 시장으로 자리매김하고 있음

2. 지역별 해외진출 방안 종합

- 기술력과 시장경쟁력 평가 결과와 해외진출 사례분석을 바탕으로 지역별 그린에너지 플랜트 해외진출 가능성을 평가하여 보면, 플랜트 유형에 따라 다양한 지역에 진출 가능성이 있는 것으로 평가됨

<표 4-13> 플랜트별 지역진출 가능성 평가

지역	원자력	풍력	태양광	GTL/LNG
중동아시아	△	△	△	○
중앙아시아	△	△	△	○
동남아시아	○	○	○	○
중남미	△	△	△	○
아프리카	×	△	△	○
유럽	×	△	△	×
북미/태평양	△	○	○	×

(○: 좋음, △: 보통, ×: 어려움)

- 중동아시아는 석유와 가스 부존자원 활용을 통한 LNG/GTL발전소와 원자력발전소 건설 수주의 가능성이 높음

- 석유와 가스의 부존자원을 활용한 발전플랜트의 건설은 비용효과적임
 - 카타르의 Pearl 프로젝트는 GTL발전플랜트 공사로 현대중공업이 시공에 참여함
- 발전방식의 다변화 측면에서 최근 석유 이외의 다른 발전방식, 원자, 풍력, 태양광 발전에 대한 투자가 급속히 증가하고 있음
 - 최근 바레인의 퍼스트에너지뱅크(First Energy Bank)는 최근 10억달러 규모의 폴리실리콘 공장을 사우디아라비아에 건설하겠다는 계획을 발표(서울경제, 2009.11.24)
 - UAE는 원자력발전소 발주하여, AREVA와 한국전력이 수주경쟁을 하고 있음
 - 중견 건설업체인 (주)신한도 지난 21일 예멘 국영전력청에서 총 60MW 규모의 풍력 발전기 건설을 위한 양해각서(MOU)를 체결했음(한국경제, 2009.10.22)

□ 중앙아시아 지역도 부존자원이 풍부하여 석유와 가스를 기반으로 한 GTL/LNG 발전이 일단 선호됨

○ 석유는 카자흐스탄, 가스는 카자흐스탄과 투르크메니스탄이 주요 생산국으로 주목받고 있는데, 이들의 가채 연수는 중동 주요 산유국 수준으로 매우 길어서 향후 개발 잠재력이 매우 크다는 점이 매력임

○ 카자흐스탄, 우즈베키스탄, 투르크메니스탄, 아제르바이잔 등 중앙아시아 주요국은 석유의 경우 479억 배럴로 세계 확인매장량의 3.9%, 가스는 9조800만 입방미터로 세계 확인매장량의 5.0%를 차지하고 있음(한국에너지뉴스, 2009.11.25)

□ 동남아시아는 원자력을 비롯하여 모든 신재생에너지 플랜트 수출이 가능한 지역이기 때문에 특별관리가 필요함

○ 베트남은 최근 전력수요에 대한 분석을 바탕으로 2030년까지 약10개의 원자력발전소를 건설할 계획임

□ 아프리카는 전통적으로 유럽과 긴밀한 관계를 갖고 발전플랜트에 투자하고 있으나, 최근 우리나라 기업들이 진출하기 시작하고 있어, 진출잠재력이 풍부함

○ 원자력플랜트를 수출하는 프랑스 AREVA는 아프리카시장을 100%점유하고 있음

○ 나이지리아 등 아프리카에 우리나라 건설회사들이 다른 분야의 건설을 수주하고 있어 향후 발전플랜트 수주가 기대됨

□ 북미/태평양지역은 아직까지 다른 지역에 비하여 진출이 아직까지 우리나라 기업들이 활발히 진출하고 있지 못하고 있으나, 향후 진출이 기대되는 지역임

○ 원자력의 경우 웨스팅하우스와의 컨소시엄이나 합작을 통하여 미국내 원자력발전 플랜트 진출이 가능함

○ 풍력이나 태양광발전 플랜트의 경우 캐나다나 미국에 진출이 가능하지만, 아

직까지 원천기술의 확보가 되지 않은 상황이라 시공부문이나 기자재의 OEM 등의 형태로 진출이 가능함

- GTL/LNG의 경우 아직까지 기술력이 부족하여, 기존 선진 기업들이 이미 진출한 북미/태평양지역에 진출하기 어려움

- 유럽의 경우 이미 그린에너지에 대한 투자가 활발히 이루어진 상태이고, 원자력 발전에 대한 거부감이 지난 30년동안 있어서 원자력발전에 대한 수요는 다른 그린에너지에 비하여 떨어짐

- 태양광과 풍력 등 이미 세계적인 기업들이 유럽에 진출하였기에 우리나라 기업들이 유럽에 진출하기 위해서는 단기적으로 컨소시엄 등을 통한 시공부문의 진출을 모색하는 것이 바람직할 것임

- 원자력의 경우 AREVA 등의 기업들이 진출하고 있어서 기술적인 장벽이 존재하고 있는 것이 현실임

- GTL/LNG의 경우도 기술력이나 시장경쟁력 모두 아직 유럽에 진출하기는 시기 상조임

제 5장 결론 및 정책적 시사점

제 1절 핵심 원천기술 개발 및 확보

- ☐ 원천기술 개발 위한 연구개발에 있어서 공공부문과 민간부문의 역할 부담이 바람직함
- ☐ 태양광은 TF(Thin Film) Initiative 2080을 통해 박막 및 차세대 태양전지 기술 집중 육성
 - 지금까지는 태양광 R&D 사업에 있어 ‘선택과 집중’이 되고 있지 않는 상황 (“신재생에너지 RD&D전략 2030-태양광”에서도 결정계 실리콘 기반 태양전지 부분에 대한 R&D 비율이 46%에 수준에 육박)
 - 결정계 실리콘 기반 태양전지 R&D는 민간에 위임하고, 국가 R&D 자원은 박막을 포함한 차세대 태양전지, 기술개발, 태양광 부분 첨단소재의 기술개발에 집중
 - 이러한 원칙하에 현재 사용화 된 제품 기술(실리콘 웨이퍼 태양전지)보다 차세대 태양전지 R&D에 80% 지원(실리콘: 박막 화합물: 유기물 = 2: 5: 3)
 - 이와 더불어, 생산성 제고를 위한 대면적화 기술 및 공정효율화 기술에 집중
- ☐ 선진국과 기술격차가 가장 큰 태양전지 부분에 첨단기술의 신속한 도입을 위한 제도적 토양을 마련
 - 주요 박막 태양전지 기술에 대해 선진기업과의 합작법인 및 R&D센터 설치 시, 매칭 펀드 형태의 생산설비 보조금 지원
 - 이러한 기술도입 및 R&D센터 유치로 선도기술에 대해 신속한 Catch-up을 추구
- ☐ 풍력의 경우 고부가가치 풍력터빈 및 핵심부품 개발을 위한 인력육성 및 R&D

지원 필요

- 풍력터빈의 안정성 및 가격경쟁력을 높이기 위해 고부가가치핵심부품·소재 개발 지원(국내외 연구기관과의 산학협동을 통해 블레이드 증속기 등 항공역학 재료공학 등 고기술 확보 지원)
- 풍력터빈업체의 중심의 수직계열화 및 분업화를 유도하기 위한 각종 인센티브 프로그램의 개발(부품수급의 안정을 꾀하고 원가경쟁력을 확보하기 위해 적극적인 수직계열화 유도)
- 중소 전문부품업체와 터빈생산 및 시스템운영을 담당하는 대기업간 분업을 촉진하는 지원책으로 상생협력유도(가장 경쟁력 있는 상위1~2개사를 세계적 수준으로 집중 육성)
- 기술혁신이 급속히 이루어지고 있는 현재, 모든 기술을 한 기업이 개발하기 어렵다는 것을 인식하고, 보다 글로벌한 시각으로 M&A, JV, 그리고 라이선싱을 통하여 원천기술을 확보하여야 할 것임
- 최근 두산중공업은 체코의 스와디파워스를 인수하는 등 적극적으로 기술시장을 이용하여 원천기술을 확보하고 있음

제 2절 재원조달 방식의 다변화

- 우리나라의 플랜트 산업 재정지원은 플랜트 산업이 해외로 진출할 수 있도록 직접적인 지원을 실시하기 보다는 기술경쟁력을 확보 할 수 있는 R&D 기술을 중심으로 정부투자가 이루어지고 있음
- 원자력 분야의 경우 해외 원전 수출을 위해 정부가 직접적인 재정지원정책을 시행하고 있지만, 나머지 신재생 에너지 사업의 경우 기술력 개발을 위한 간접투자 방식을 채택하고 있음
- 따라서 정부의 간접투자와 함께 직접적인 플랜트 산업의 재정적 지원이 필요할 것임

○ 또한 정부개발원조(Official Development Assistance)를 통해 동남아시아, 아프리카등에 대한 지원을 늘려야 할 것임

- ODA의 경우 직접적인 투자효과를 창출하지는 않지만, 장기적 관점에서 플랜트 발주 가능성이 높은 지역에 ODA를 지원함으로써 국가적 신뢰도를 향상시키고 기업이 진출할 수 있는 교두보를 확보할 수 있을 것임

□ 기술력과 더불어 우리나라의 파이낸싱 경쟁력을 높이는 것도 매우 중요함

○ 국제 프로젝트 파이낸싱의 구도를 살펴보면, 자국 수출기업이 참여하는 경우 해당국 공적수출신용기관(Official Export Credit Agency, ECA)의 보증을 토대로 대출은행들이 수입자에게 자금을 공여함

○ 수입자는 이 자금으로 플랜트를 건설하는 구조가 일반화 되어 있다. 대부분의 해외 프로젝트는 자금조달능력이 뛰어나고, 경험이 많은 외국계은행들이 대출은행으로 참여하고 있음

○ 우리나라에서는 수출보험공사가 금융조달에 필요한 보증을 제공하고 있음

- 수출보험공사는 2008년부터 플랜트와 같은 자본재 수출을 지원하기 위해 98억 달러규모의 보증을 제공하는 등 공적수출신용기관으로서 역할을 하고 있음
- 그러나 최근 들어 수출보험공사 업무의 기반이 되는 수출보험기금의 규모는 크게 변하고 있지 않은 반면에 지원 실적 규모가 늘어나고 수출보험의 유효계약금액이 급증하고 있는 상황임. 따라서 수출보험공사의 보증 신뢰성이 낮아지는 것은 아닌지 우려되는 상황임

○ 따라서 정부의 기금출연 확대를 통해 수출보험 제도운영의 신뢰성을 높여야 할 것임. 수출보험공사의 유효계약금액 대비 보유 수출보험기금 비중이 다른 경쟁국가 기관 대비 현저히 낮은 수준이기 때문에 정부의 기금출연 확대는 매우 시급함

□ 플랜트 산업기업 및 수출보험 공사등에 세제지원등이 필요함

- 현재 플랜트 수출기업 및 수출보험공사의 경우 조세지원이나 감세의 혜택이 선진국에 비해 적은 실정임
 - 수출보험공사의 경우 이중과세방지협정에서 면세기관으로 지정되어 있지 않음. 따라서 수출보험공사 보증을 통해 프로젝트 자금을 조달하는 경우엔 우리나라와 수입국에서 이중으로 과세가 부과되고 있음
- 이러한 이중과세방지협정 미지정은 결국 금융비용 상승으로 이어지고, 우리기업의 수주기회를 감소시키는 부정적인 영향을 끼치고 있음. 따라서 수출보험공사의 이중과세의 면세기관 지정을 고려해야 함

제 3절 민관파트너십(PPP)의 활용

- 그린에너지 플랜트 수출은 기획단계에서부터 정부와 기업과의 긴밀한 협조가 필요함
 - 특히 원자력의 정치적으로 수출여부가 결정되고 있어서, 정부가 처음부터 외교적인 채널을 통하여 기업이 입찰에 응하거나 수주 협상에서 유리한 고지를 차지할 수 있게 지원해야 함
- 한국전력공사, 한국가스공사 등 공기업들의 역할이 다른 산업에 비하여 그린에너지 플랜트 건설산업에서 매우 중요함
 - 에너지플랜트 건설은 대규모 자본이 필요하고, 국가의 신뢰도가 매우 중요함
 - 공기업이 민영화되지 않는다면, 공기업 스스로 보다 적극적으로 기술개발과 플랜트 수출에 임해야 할 것임
 - 최근 한국전력공사가 UAE 원자력발전소 수주에 적극적으로 임하는 것은 바람직한 현상임

제 4절 인력 자원의 안정적 양성 및 확보

- 플랜트 시장의 경우 해외플랜트 수주 물량에 비해 전문인력이 부족하여 중장기 지속발전의 장애요인이 될 뿐 아니라, 계약확정물량의 수행차질 우려가 심화되

고 있음

- 해외플랜트 수주확대로 전문엔지니어의 수요는 급증하고 있으나, IMF 이후 숙련된 엔지니어들이 퇴직한 이후 충원 공백과 사회적인 이공계 기피현상이 겹쳐 인력 수급에 어려움이 있음
- 이 중에서도 핵심요소인 전문인력부족이 점점 심화되고 있어 걸림돌이 되고 있으며 다음과 같은 분야의 전문인력부족이 당면한 문제점으로 지적되고 있음
 - 경쟁력이 있는 핵심 기초설계기술
 - 전문적이고 고도화된 지식을 갖춘 사업기획
 - 대규모, 다국적 공사 수행이 가능한 PM
 - 풍부한 경험을 가진 시운전
 - 다국적, 대형 프로젝트 견적 및 계약관리
- 플랜트 인력의 경우 풍부한 경험을 요구할 뿐만 아니라 인력양성에 장기간이 소요 되기 지속적인 교육과 전공분야에 대한 노하우가 필요함
- 우리나라의 플랜트 수주는 대부분 해외에 의존하고 있는 실정에서 전문과정 및 교육훈련과정을 세분화해야 할 것이며, 외국어 교육을 위한 프로그램도 필요함
- 플랜트관련 업체들이 요구하는 교육프로그램 및 교육수준을 반영하고, 해외 유명 인력양성기관의 성공요인을 벤치마킹한 결과를 종합적으로 검토하여 PLANT G5 진입에 필요한 전문인력양성센터가 필요함
- 전문인력양성센터를 구축하기 위해서는 기존 교육기관들과 연계협력에 의한 기반조성이 필수적이므로 이러한 기관들과의 업무협력에 대한 기본합의와 교육분야 분담 EPC업체들의 지원합의 등이 사업추진에 중요한 요소임
- 플랜트 발주국에 플랜트 전문교육인력 진출을 통한 우리나라 플랜트기업의 사회적 신뢰성 확보
- 해외 플랜트 수주의 성공요인 중 하나인 현지 인력에 대한 기술등에 대한 교

육훈련은 우리기업의 이미지를 보다 상승시키고, 나아가 플랜트 수주를 하는데 중요한 요인으로 작용하고 있음

- 따라서, 현지인력에 대한 교육기회를 제공하고 양성하는 전략은 중·장기적인 수주확대 전략이 될 수 있음

제 5절 수요 창출을 통한 경제성 확보 정책

□ 국내 그린에너지 플랜트 시장의 확보가 필수적임

- 원자력분야가 다른 분야 비하여 지금의 기술력을 확보한 것은 선진국들이 건설을 하지 않았을 때, 정부가 지속적인 원자력발전소 건설을 추진하였기 때문임
 - 1980년 체르노빌 사고이후 선진국에서는 원자력 플랜트 건설을 하지 않음

□ 풍력의 경우 대규모 단지 조성이 산업의 경쟁력 확보에 필수적임

- 최근에 단지조성 기업이 부품이나 다른 관련 기업들 보다 협상력이 강함

□ 태양광의 경우 신규 건물에 의무적으로 설치하도록 하여 국내 수요를 창출할 필요가 있음

□ 그러나, 국내의 태양광 관련기술의 성장 없이 보급정책에만 초점을 맞출 경우, 정부의 정책지원은 미국, 일본, 독일 등 선두국가들에게 시장을 제공하는 역할만을 수행할 가능성이 큼

- 특히, 대규모 태양광 발전소의 경우 국산제품 사용비율이 현저히 낮은 관계로 소용량 발전소 위주로 건설토록 정책방향을 유지하여 내수 시장을 기반으로 산업육성을 추진할 수 있도록 특성화할 필요성이 있음.

- 태양전지는 반도체산업과 같이 실리콘을 원료로 하는 대규모 장치산업으로 발전차액지원제도, 태양광주택10만호 보급사업 등을 기반으로 시장 형성이 완료되어 수출산업으로 발전할 것 수 있도록 진흥 필요함.

- 태양광과 풍력 등의 경제성 확보가 가능할 것으로 예상되는 2020년까지 핵심기술 및 부품 국산화, 실증 등 모니터링사업 등 지속적인 Cost-Down을 위한 정부의 기술개발과 시장 확대를 위한 지원정책이 필요함

- 장기적으로는 에너지안보 확보를 위한 분산전원과 성장동력 산업으로서 체계적인 전환을 위해서는 선도국의 사례처럼 보급목표, 효율개선과 원가절감을 위한 로드맵 설정으로 정책의 일관성을 유지하여, 관련 산·학·연 등 적극적인 참여 유도가 필요함