

# 미래 풍력발전산업의 집적지육성을 위한 녹산클러스터 발전방향

임희창\*, 한규택<sup>1</sup>, 장광호<sup>2</sup>, 진성호<sup>2</sup>, 김용환<sup>3</sup>

## Present and future development of Noksan wind power generation cluster

Hee-Chang Lim

**요약** : 현재 풍력에너지는 세계적으로 가장 급격하게 관심이 집중되고 있는 에너지원으로 평가되고 있다. 이러한 환경의 변화와 신재생에너지에의 집중된 관심은 보다 추진력을 얻으며 풍력발전관련 산업체들에 힘을 실어주고 있다. 부산의 녹산 풍력클러스터는 풍력발전기의 요소부품을 생산하는데 있어 주요한 기업체들이 몰려있으며, 과거 몇 년간 세계적인 관심에 편승하여 산업입지가 높아지고 있지만, 이에 반해 관심은 여전히 제한적이었다. 본 논문은 서구에서 이루어지고 있는 풍력발전산업에서 최근까지 이루어졌던 주관심 이슈에 대해 조사하고자 한다. 또한 녹산 풍력클러스터의 현황과 보다 효과적인 집적지를 구성하기 위한 향후 계획에 대한 제안을 하고자 한다.  
주제어 : 풍력에너지, 풍력클러스터, 녹산단지

**Abstract** : Wind power is the most rapidly growing energy source in the world. Increased focus on climate changes and renewable energy is supporting the wind power industry in gaining momentum. Noksan wind cluster in Busan has been a major area in manufacturing the elementary parts of wind turbine. Despite growing recognition of the significance of Noksan, there has been only limited attention paid and in recent years. This paper reviews the literature of the current burning issues in wind turbine industries in the western countries. In addition, it describes the present state of Noksan wind power generation cluster and suggests the future plans to make it more effective complex.

**Keywords** : Wind energy, Wind power generation cluster, Noksan industrial complex

---

\*임희창, 부경대학교 기계공학부 교수, [hclim@pknu.ac.kr](mailto:hclim@pknu.ac.kr)

<sup>1</sup>부산시 남구 용당동 산100, 부경대학교 기계공학부

<sup>2</sup>부산시 강서구 송정동 한국산업단지공단 녹산클러스터추진단

<sup>3</sup>경기도 성남시 분당구 순내동, 대우엔지니어링 발전기술그룹

# 1. 서론

## 1) 녹산단지 개요

부산광역시 강서구 송정동 일대에 위치하고 있는 면적 약 6,972천m<sup>2</sup>(약 2,109천 평)정도의 입지로 구성되어있는 녹산단지는 현재 산업시설 4,317천m<sup>2</sup>, 지원시설 473m<sup>2</sup> 그리고 공공시설 및 녹지가 약 2,182천m<sup>2</sup> 규모로 각각 편성되어있다. <그림 1>에 나타난 것과 같이 대부분의 유치업종은 섬유유복, 석유화학, 조립금속, 정밀요업, 정밀기계, 메카트로닉스 그리고 정보통신 등의 업종으로 구성되어있다.

녹산단지는 1989년 10월에 명지·녹산산업기지로 공식지정되었으며 1991년 4월에 녹산산업기지가 국가공업단지로 관리가 시작되었다. 이후, 녹산단지는 2003년 9월에 용도별로 구역이 지정되면서 지원시설 및 공공복지시설의 세부용도가 지정되었으며, 지난 해 11월 창원에서 열렸던 ‘혁신클러스터 정책보고회’에서 산업단지 클러스터사업 추가 대상지역으로 2007년 11월에 지정되었던 5개 산업혁신클러스터 - 남동, 명지·녹산, 성서, 대불, 오창 등이 대표단지로 떠오르고 있다.

## 2) 국내 다른 산업단지들의 세부적인 현황

정부의 적극적인 지지 속에 ‘녹색산업’은 이미 미래 성장 원동력으로 주목 받고 있다. 하지만 ‘녹색산업’이 미래 국내 산업의 중심으로 성장하기까지 넘어야 할 산도 적지 않다. 가장 대표적인 부분이 현재까지 녹색산업에 대한 인식 및 현황 파악이 부족하다는 점이다. 지난 2009년 1월 6일 정부 부처 및 업계의 소식통에 따르면 풍력 및 태양광 등 신재생에너지 산업에 대한 국내 현황 조사가 제대로 이뤄지지 않고 있다. 또한, 지경부의 한국산업단지공단에서 2008년 3/4분기에 간행한 “전국산업단지현황통계”에 따르면 국가단지 35개, 일반단지 297개, 도시첨단단지 6개, 그리고 농공단지 377개로 전국에 총 715개의 중소규모의 단지들이 조성 및 분양되고 있는 실정이다. 이 중 부산·경남지역에서 차지하고 있는 단지 수가 약 50개정도로써 약 7%의 큰 규모로 경영이 이루어지고 있다. 이러한 예는 국가산업단지로서 부산의 녹산공단을 대표로 들 수 있으며 경남은 거제시 지세포 일대와 녹산지구가 자원비축이 완료된 상태이다.

녹산단지의 국가적 위상 및 현황을 파악하기 위하여 국내 산업단지들의 세부현황을 살펴보았다. <표 1>은 국내의 5개의 권역별 대표되는 산업단지들을 나타내고 있다. 특히, 경인 및 서부지역은 근로자 수나 면적으로 서울/경기지역의 인적자원이

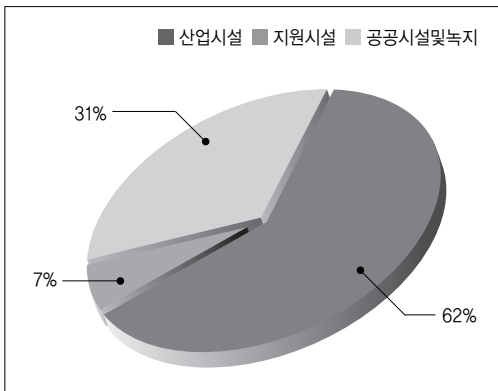


그림 1. 부산 녹산단지의 사진 및 현황

표 1. 국내 산업단지의 세부현황

지역	산업단지	총 면적(천㎡)	근로자 수(명)	관할본부/지사
경인	한국수출 국가산단(서울디지털)	1,982	95,052	서울지사
	한국수출 국가산업단지(부평)	609	9,631	부평지사
	한국수출 국가산단(주안)	1,136	10,706	주안지사
	남동 국가산업단지	9,574	64,011	경인지역본부
	북평 국가산업단지	1,625	484	동해지사
	북평 일반산업단지	715	749	동해지사
	파주 출판정보문화산업단지	1,507	3,177	파주지사
	파주탄현 영세중기국가산단	77	402	파주지사
서부	반월국가산업단지	15,374	85,629	서부지역본부
	시화 국가산업단지	16,568	85,965	시화지사
	아산 국가산업단지	11,528	10,642	평택지사
	석문 국가산업단지	10,872	-	평택지사
중부	구미국가산업단지	21,876	72,694	중부지역본부
	오송 생명과학산업단지	3,649	-	충청지사
	달성2차 일반산업단지	2,273	-	달성사무소
	구미 외국인투자지역	1,039	1,609	중부지역본부
	오송 외국인투자지역	302	-	충청지사
	오창 외국인투자지역	805	8,284	충청지사
	인주 외국인투자지역	165	83	천안지사
	천안 외국인투자지역	714	3,653	천안지사
동남	명지녹산 국가산업단지	6,971	23,382	부산지사
	안정 국가산업단지	2,843	4,707	사천지사
	온산 국가산업단지	17,283	10,225	울산지사
	울산/미포 국가산업단지	46,185	85,247	울산지사
	창원 국가산업단지	25,302	77,352	동남지역본부
	기룡 일반산업단지	84	-	부산지사
	부산 과학일반산업단지	1,668	2,313	부산지사
	사천 임대전용산업단지	392	84	사천지사
	신평·장림 일반산업단지	2,815	17,170	부산지사
	신호 일반산업단지	3,121	3,311	부산지사
	정관 일반산업단지	1,210	4,082	부산지사
사천 외국인 투자지역	496	229	사천지사	
서남	광양 연관국가산업단지	1,730	4,153	광양지사
	광주 첨단과학산업단지	2,430	6,946	서남지역본부
	군산 국가산업단지	2,828	7,741	군산지사
	군장 국가산업단지	13,495	555	군산지사
	대불 국가산업단지	8,602	3,598	대불지사
	여수 국가산업단지	31,305	12,640	여수지사
	익산 국가산업단지	1,116	3,758	익산지사
	대불 외국인투자지역	1,614	1,936	대불지사
	평동 외국인투자지역	962	4,686	서남지역본부
	동화 농공단지	120	747	서남지역본부
	삼계 농공단지	27	254	서남지역본부
합계	297,049	727,950		

나 문화의 중심지로 국내 핵심적인 입지를 대표하고 있다. 경인/서부지역의 산업단지에 비해 동남권의 대표단지인 녹산산업단지는 그 규모와 업종에 있어서 타 단지에 뒤지지 않는 면적과 근로자를 보유하고 있다.

## 2. 녹산단지의 관련현황 및 문제점

### 1) 녹산단지 내 풍력산업 관련 현황

녹산산업단지는 현재 ‘클러스터(Cluster)’라는 유기적인 산업단지 네트워크로 구성되어 있다. 특히 산업단지 클러스터는 입주기업을 중심으로 지리적/업종별 유사관계에 있는 대학과 연구소 기업 지원기관 등 산학연관이 서로 유기적인 협력 네트워크를 형성하고, 기술·지식·정보·인력 등을 공유해 미래 협력 및 상생화의 방안을 극대화시키는 것이다. 특히, 녹산공단의 주력업종인 조선기자재·풍력부품소재·운송장비·신기술융합플레이팅 등을 대상으로 소규모 산학연관 협의체인 각 분야별 미니클러스터가 구성돼 있다. 회원사는 약 400여개사로서 녹산단지 입주기업의 25% 이상이 가입해 활동 중이다.

언급한 클러스터 중 얼마 전 창립한 녹산공단 내 풍력조합 31개사의 부품소재 풍력발전 미니클러스터는 (주)태웅을 중심으로 대부분 풍력터빈에 사용되는 기계요소부품들을 제작하여 공급하고 있다. 부품별로는 저속축(Main Shaft), 타워 및 플

랜지, 발전기 등으로 외국기업에 공급하고 있는 정도로 기술력을 지니고 있다. 그러나, 실제 매년 약 25%가량의 고성장률을 이끄는 전 세계 풍력터빈 시장을 이끌기에는 미흡한 실정이다. 국내에 설치되고 있는 중대형 풍력터빈은 거의 전량 외국에서 수입하고 있으며, 국외에도 주문형 소량생산으로 진행되고 있는 실정이다. 또한 창립된 서브미클의 중심점인 (주)태웅의 업체정도만이 이들 업체들을 이끌 정도의 규모를 가지고 있으나 다른 대부분의 업체들은 이를 뒷받침할만한 규모가 되기에는 아직 미흡한 실정이다. 이러한 부분들에 대한 자료들은 녹산단지 내 풍력산업체들의 현황 및 문제점을 파악하고 향후 미래계획을 세우는데 중요한 지표가 될 것이다.

〈표 2〉에 나타난 것과 같이 2009년 기준 한국산업단지공단 산업입지연구소 자체 공시자료에 의하면 녹산단지 내에는 약 1,339개의 업체가 입주해 있는 것으로 보고되고 있다. 이 중 기계업종이 44%로 가장 많은 583개 업체가 있고, 그 다음으로 운송장비업이 13%의 169개, 그리고 철강업이 차순위로 10%인 131개 등으로 조사되었다. 녹산단지 입주업체를 업종 별로 자세히 살펴보면 다음과 같다. 583개의 기계 업종에서도 절삭가공 및 유사처리업이 78개로 가장 많았으며, 도금업(42개), 탭/밸브 및 유사장치 제조업(39개), 도장 및 기타 피막 처리업(35개), 증류기/열교환기 및 가스 발생기 제조업(27개), 그 외에 기타 일반 목적용 기계제조업(20개), 금속조립 구조재 제조업(20개), 주형 및

표 2. 녹산단지 내 입주업체의 업종 별 구성표

업종	업체 수	업종	업체 수
기계	583	운송장비	169
철강	131	석유화학	114
섬유/의복	81	전기/전자	72
비제조	64	목재/종이	52
음식료	33	기타	28
비금속	12	-	-

표 3. 녹산공단 내 풍력조합산업체들의 업종 별 구성표

업종	기계	운송장비	철강	석유화학
업체수	22	4	4	1

금형 제조업(19개)이 뒤를 따랐다. 운송장비 업종에서는 선박 구성부분품 제조업이 102개로 주를 이루었고, 그 외에 기타 자동차 부품 제조업(18개), 자동차 엔진용 부품 제조업-내연기관(12개) 업체가 있다. 그리고 철강 업종은 강관 제조업이 49개, 그 외에 기타 1차 철강 제조업 32개, 철강선 제조업 업체가 10개가 있다. 나머지 업종에서는 각 업종 세분류에 해당하는 업체가 고루 분포하고 있다.

녹산단지 내 풍력발전관련업체 조합에서는 <표 3>에 나타난 바와 같이 전체 녹산단지 입주업체 구성과 마찬가지로 기계 업종이 71%에 해당되는 약 22개가량의 업체가 대부분 가입되어 있다. 그 다음으로 운송장비 4개, 철강 4개, 그리고 석유화학이 1개 업체로 되어있다.

## 2) 녹산단지의 풍력산업 경쟁력 분석

상기에 언급된 내용으로 도출된 녹산단지의 국내외적인 경쟁력 분석과 주어진 지표체계에 따라서 최종 녹산단지의 기술경쟁력 현주소와 앞으로 나아가야할 방향에 대한 대략적인 구도를 설정하고, 향후 경쟁력에 대한 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 국내 대규모의 산업단지와의 면적 및 인력자원의 비교에 있어서 2004년 6월 제 45회 국정과제회의에서 7개 시범단지로 선정된 창원(25,302천㎡), 구미(1,039천㎡), 울산(46,185천㎡), 반월/시화(31,942천㎡), 광주(2,430천㎡), 원주(2,306천㎡), 군산국가산업단지(2,828천㎡)와 <표1>에 나타난 2007년 11월에 추가 확대단지로 제정된 남동(9,574천㎡), 오창(805천㎡), 성서(10,065천㎡), 대불산업단지(10,216천㎡)들과 면적을 비교를 해볼 때 부

산 녹산국가산업단지는 6,972천㎡(약 2,109천 평)으로 적은 면적이 아남에 틀림이 없다.

- 근로자 수 또한 비교해 보더라도 창원(77,352명), 구미(72,694명), 울산(85,247명), 반월/시화(171,594명), 광주(6,946명), 원주(8,172명), 군산국가산업단지(7,741명), 남동(64,011명), 오창(8,284명), 성서(53,012명), 대불산업단지(1,936명)로 부산의 명지·녹산 국가산업단지는 면적과 근로자 수 모두 국가산업단지들 중 7번째에 해당되며 이 단지 내에 1330여개의 업체가 생산 활동에 전념하고 있다. 면적 및 근로자 수를 감안해볼 때 녹산산업단지공단은 풍력 요소부품으로써 거점화된 기지를 구성할 산업단지공단이 될 수 있는 잠재력을 충분히 가지고 있다고 판단된다.
- <표 4>의 국내 산업단지 내 간접 풍력관련 산업체들과 비교한 결과, 녹산단지 내 업체들의 경우 풍력발전용 타워플랜지 및 메인샤프트, 산업플랜트용 부품 등의 향후 풍력 요소부품관련 집적지로 특화될 수 있는 주요 업체들을 상당히 많이 보유하고 있는 것으로 조사되었다.
- (주)태웅, (주)평산 그리고 (주)현진소재 등과 같은 기업들의 경우 자체연구소를 적극 활용하여 선진풍력발전 관련기술에 대한 연구개발의 지를 나타내고 있고, <표 5>와 같이 조선&선박용 부품 및 풍력발전용 부품 개발 기술을 보유하고 있어, 미래에 풍력관련 기술발전에 대한 기대치를 더욱 높여주고 있다. 특히 (주)평산과 같은 경우는 풍력관련 기술을 상당량 보유하고 있어, 2003년부터 풍력발전에 대한 연구개발에 많은 노력과 투자를 아끼지 않고 있는 것으로 보인다. 이러한 3개의 녹산단지 내 대표기업체들은 자체적인 미래발전방안 및 풍력발전기 관련 개발필요성이 절실한 관련부품

표 4. 국내 산업단지 내 간접풍력관련업체

지역	단지명	업체명	대표자	업종별구역	주생산품	근로자수
서울	한국수출산업국가산업단지	(주)우전	이종우	기계	금형	400
		(주)케이이씨	곽정소	전기/전자	전기(축전기)	320
		(주)천지산업	김원희	기계	금형, 벨브	170
		(주)태림전자공업	박형준	전기/전자	소형모터	165
		(주)원일특강	신용문	기계	금형강, 철강	76
(주)YPP 디지텍	백종만	전기/전자	전기제어장치	51		
부산	명지·녹산국가산업단지	(주)태웅	허용도	기계	단조품	160
		(주)평산	신동수	철강	열간압연품, 단조품	130
		(주)현진소재	이창규	운송장비	풍력발전설비	118
		(주)한창트랜스	장명언	전기/전자	변압기 제조업	71
		진흥정공	문명호	기계	풍력발전설비부품가공	-
인천	남동국가산업단지	(주)보성금속공업	박장서	기계	냉간단조, 열처리	81
		(주)부강샘스	이하우	기계	스프링, 스크류, 샤프트	92
		(주)루보	양창규	기계	베어링, 주형, 금형	156
		(주)다보정밀	문광식	기계	진공성형기계, 금형	121
울산	울산미포산업단지	(주)대신강업	강우성	기계	철제품, 소음기용플랜지	88
		(주)한국단조	강 돈	기계	플랜지 단조	21
경기	반월국가산업단지	(주)서흥실업	양주현	기계	단조품	114
		세플러안산(유)	김재현	기계	베어링, 자동차부품	180
		(주)와이디피	이광제	기계	금형	80
		(주)동미전기공업	한상철	전기/전자	변압기, 고압트랜스	68
	시화국가산업단지	(주)한국스루가	다카야사유키	기계	샤프트	12
		영신공업사	유성근	기계	금형	95
		(주)코리아샤프트	김영기	전기/전자	샤프트	29
		(주)한국중전기	장정원	전기/전자	전동기, 발전기	57
		(주)신영제어기	구장서	전기/전자	자동제어장치	72
전북	군산국가산업단지	(유)번영기공	김광중	운송장비	축샤프트	47
경남	창원국가산업단지	(주)한일단조공업	이상규	기계	단조품	105
		진명정밀	정옥식	기계	MOTOR SHAFT	12
		(주)삼정공업	최병부	기계	풍력발전부품	13
		(주)세플러코리아	김재현	기계	베어링	117
		(주)카스코	이 정	운송장비	프로펠라샤프트, 에어백	650

품목과 기술을 자각하고 미리 준비하고 있다는 것으로 분석되었다. 방안을 보유하고 있는 업

체들 중에서 한신기계는 블레이드 개발기술에 대해 관심을 표명했고, 창대정공은 보다 효율

표 5. 녹산단지내 풍력관련 대표기업들의 연구실적

업체명	연도	연구 개발 실적
(주)태웅	1999년	의료장비, 미사일용 알루미늄 링 개발
	2000년	다이아프레이용 INNER WEB, OUTER RING개발
	2003년	풍력발전용 1.5MW급 메인샤프트 개발
	2005년	티타늄 합금링 개발
	2008년	인코넬 합금링 개발
(주)현진소재	2005년	비열처리형 고연성 알루미늄 주조합금 및 그 제조방법
	2008년	크랭크샤프트 단조장치에 사용되는 편치 / 상.하주 고정대 록킹장치, 크랭크샤프트 소재 이송장치, 로테이팅 엔빌
	특허출원	기계부품의 노치형성용 지그, 맨드릴 단조용 지그, 사각블룸용 단조금형강의 직각도 유도 지그, 선박용 커벡팅로드의 제조방법, 크랭크샤프트 단조금형에 사용되는 보온덮개, 선박용 크랭크샤프트의 고주파 가열기
(주)평산	2000년	알루미늄 링제품 생산기술 개발
	2003년	파이프 단조생산기술, 풍력 TOWER FLANGE 생산기술 개발
	2005년	RING TOLLING MILL 형상화 작업 금형개발
	2006년	풍력발전 설비 MAIN SHAFT/LOCK PLATE/DISTANCE PLATE/ GEAR RING/SLEWING RING 생산기술 개발
	2007년	금형강 단조 생산기술 개발, 선박엔진부품 CRANK THROW 단조 생산기술 개발

적인 전기제조능력을 포함한 발전기술을 모색하고 있다는 것을 알 수 있다. 기타 기업체에서는 베어링이나 기어박스 등의 기계부품 제조 기술과 관련한 의견을 나타내 주었다.

- 주요업체를 제외하고는 대부분 연구시설 및 자체 발전방안을 보유하고 있지 않았다. 녹산단지 내 풍력조합에 소속되어 있는 소규모 업체들에 대해서 설문/방문조사를 실시한 결과, 연구시설 및 연구인원을 보유한 곳이 전무한 상태이며, 추가로 사내에 연구개발시설 설치에 대한 의지가 상당히 약하다는 것이 대표적으로 아쉬운 부분 중 하나이다.
- 녹산공단 내 풍력 미니클러스터에 소속되어있

는 산업체들의 대부분이 주조 및 자유단조분야에 주력하고 있고, 그 외 업종에 대한 업종유도 및 변환이 필요하다. 녹산국가산업단지내 입주해 있는 업체들이 분포되어 있는 음식료, 섬유/의복, 목재/종이, 석유화학, 비금속, 철강, 기계, 전기전자, 운송장비, 기타, 비제조의 총 11개 업종들 중에서 풍력발전관련 집적지를 완성하기 위하여 운송장비 업종에 해당하는 조선&선박 관련 업체들이 풍력발전 시장에 뛰어들 수 있도록 유도해야 할 것이다. 그리고 신소재를 이용한 제품의 개발을 통한 품질향상과 원가절감을 모색해야 하겠다. 또한 발전기와 관련하여 전기전자 분야에서도 많은 관심과 호

응을 가질 수 있도록 클러스터 내에 폭넓은 풍력관련홍보가 필요한 실정이다.

### 3. 국내외 풍력산업의 발전방향

#### 1) 해외 시장 동향

세계적으로 설치되고 있는 풍력발전기의 시장은 매년 약 25%가량의 고성장률을 이끄는 급격히 성장하고 있는 추세이다. 이에 비해 국내에 설치되고 있는 중대형 풍력터빈은 거의 전량 외국에서 수입하고 있으며, 국외에도 주문형 소량생산으로 진행되고 있는 실정이다. 여기에 국내의 가용할 수 있는 지역적인 공간도 부족할 뿐만 아니라, 육상에서의 풍황이 좋은 지역은 대부분 강원 산간지역과 제주도에 밀집되어있다.

풍력기술을 포함하는 신재생에너지 기술은 국제적인 관심과 시대적인 각광을 받고 있는 맥락에서 친환경 미래에너지기술이라 할 수 있다.

그리고, 풍력기술을 포함하는 신재생에너지 기

술은 과도한 초기투자라는 장애요인에도 불구하고 화석에너지의 고갈문제와 환경문제에 대한 핵심 해결방안이라는 점에서 선진각국은 정부 주도하에 풍력에너지 기술의 육성을 위해 과감한 연구개발과 보급정책 등을 추진해 오고 있는 것이 사실이다. 최근에는 지구 온난화를 억제하기 위한 국제사회간 협력의 일환으로 이산화탄소 배출량 억제를 골자로 한 세계 기후협약(Kyoto 협정)에 힘입어 2008년 초반을 기준으로 전 세계 풍력발전 능력은 100GW를 훌쩍 넘어섰다. 또한, 국제에너지기구(IEA)의 전망에 따르면 2020년대에는 풍력 발전이 전 세계 전력수요의 12%를 담당할 것으로 예상하고 있다.

2008년 기준 미국과 중국 풍력시장의 큰 도약으로 인하여 매년 27GW이상의 풍력발전기시장이 될 거라는 기대를 넘어서면서 전 세계적으로 120GW 이상의 누적설치용량을 기록하고 있다.<그림 2 참조> 이 용량은 400,000명이상으로 향후 더 나아간다면 가까운 미래에 백만 명에 가까운 일자리를 세계적으로 창출할 수 있으며, 2008년에 설치되었

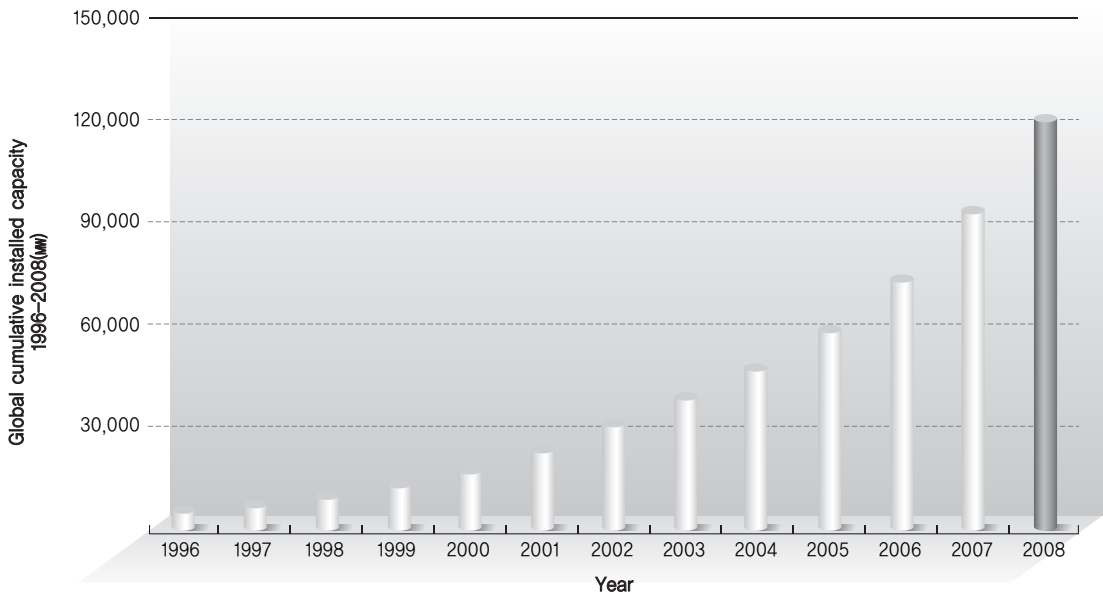


그림 2. 1996년과 2008년 범위에 설치된 전세계 풍력발전기 누적용량



던 새로운 풍력발전기는 연 36%의 성장률로 5백억 불 이상의 투자를 하고 있다. 이 수치는 탄소배출이 없는 풍력에너지에 대한 현재 증가하는 대체 에너지에 대한 요구가 급증한다는 것을 단적으로 보여주는 것이다. 그림에서 특히 전 세계적으로 3곳의 주요지역(북미, 유럽 그리고 아시아)에서 풍력에너지발전을 주도하고 2008년의 새로운 설치용량은 이 지역들에 집중하여 설치되고 있다. 북미의 경우, 2008년 한 해에만 8.5GW이상의 발전기설치가 이루어지면서 미국 내에서 총 25GW이상의 설치실적을 거두며 신규풍력발전기와 총 풍력발전용량분야에서 선두의 자리를 차지했다. 특히, 2008년 한해에만 미국은 기존의 총 풍력발전량의 절반가량을 완수해냈다. 또한 미 에너지자원관리부는 풍력에너지가 2030년까지 미국 전기생산량의 20%를 제공할 수 있을 것이라는 최근 보고서를 제출한 상태이다.

아시아 풍력시장은 2008년에 설치된 풍력발전기 8.6GW의 3분의 1이 아시아에 설치됨으로써 다른 곳에 비해, 숨 실 틈새 없이 급격한 성장을 하고 있다. 특히, 중국은 2008년에 자체적으로 약 6.3GW의 풍력발전기를 설치함으로써 현재 발전기 설치용량의 두 배인 약 12.2GW에 이르는 극적인 성장을 계속해왔다. 따라서, 아시아 신흥시장 중 중국은 풍력발전기의 미래에 큰 기여를 할 것으로 보인다. 재정적인 위기의 대응에 있어서 중국정부는 풍력에너지가 경제성장의 주요인자로 판단하고 2009년에 새로운 설치용량을 다시 현재의 두 배로 늘릴 계획을 가지고 있다. 이것은 중국이 2020년 풍력발전기의 목표치인 30GW를 10년 앞당겨 달성하는 전략이 숨어있다.

## 2) 국내 시장 동향

국내에서는 2002년 12월에 '제2차 국가에너지 기본계획 수립시 총 1차에너지 기준으로 신재생에너지 공급비중을 2006년 3%, 2011년 5%로 설정했다. 풍력분야는 시스템의 국산화 및 대형화 개발로 2012년까지 2250MW의 발전시설 공급을 목표로 정했다.

현재 주요 연구 추진실적으로는 750KW급의 경우 효성, 유니슨이 국산화 완료했으며, 또한 1.5MW급은 한진산업이 실증 완료해 제주 월정에 1기를 보급했다. 2MW급은 효성, 유니슨이 2009년 말까지 실증완료 후 상용화시킬 예정이다. 그리고 세계적 추세인 해상풍력개발에서도 두산중공업이 3MW급을 개발 중이며 향후 실증완료 후 상용화 보급시킬 예정이다.

실제 뉴스매체나 설치동향을 통해 살펴본 향후 풍력발전기 시스템은 점차 대형화되는 추세이며 해상풍력발전용 대형 발전기의 수요가 점차로 증가할 것으로 예상되며, 대형 해상풍력발전 시스템을 위한 기반기술 개발을 위해서는 신형 수증기초의 개발이 필요하며 향후 2009년 이후 개발이 예상되는 5MW급 이상의 대형 해상 풍력발전기의 개발을 위해서는 미래형 수증기초를 위한 기술우선 확보 또한 필요하다.

태양광산업은 주요 선도기업이 Chain Value 형태로 산업구조를 이루지만, 이와 달리 풍력은 선도기업이 부품·발전기제작에서 설치시공까지 발전서비스를 제외한 모든 부문을 통합화해 추진하는 추세다. 물론 시장 선도기업은 발전기 제조업체로서 기본적으로 설치/시공 역량을 보유하고 있다.

세계 풍력시장은 급속한 확대 추세로 풍력발전기 및 부품이 품귀현상을 나타내고 있다. 이에 따라 국내에서는 풍력요소부품 생산회사들이 대부분 단조회사인 녹산단지를 중심으로 풍력발전기용 타워, 주축 등의 부품이 외국 풍력업체의 주문에 의해 일부 수출되고 있으나, 국내 풍력발전기 국산화 제품을 수출산업으로 더욱더 육성하기 위해서는 정책적지원이 절실한 실정에 있다.

## 3) 국내 풍력산업의 기술개발현황

1990년대 초에 대학과 연구원을 중심으로 기초 연구 및 소형풍력시스템 연구를 시작한 이래 '90년대 중반부터 본격적으로 기술개발이 수행되었다.

- 1단계('88~'91) 사업으로 전국 64개 기상청 산하 기상관측소, 일부지역의 도서 및 내륙 일

부지역에서 관측된 풍속과 풍향자료를 이용한 풍력자원 특성분석 이루어졌다.

- 1993년부터 한국에너지기술연구소가 제주 월령에 풍력, 태양광 및 태양열 시설을 포함한 신재생에너지 시범단지를 조성, 100KW 풍력발전기 1기와 30KW 풍력발전기 2기를 설치, 계통선에 연계 운전중이다.
- 1단계 사업기간에 한국과학기술원이 20KW 소형 수평축 풍력발전기를 국산화하려는 연구개발을 시도하였고, 2단계('92~'96) 사업기간에는 복합재료 분야의 전문업체인 한국화이버가 한국형 중형급 수직축 300KW 풍력발전기 개발하였다.
- 한국화이버에서는 중대형급(750KW급) Gearless Type (Direct Drive Generation) 수평축 풍력발전기(블레이드) 개발을 완료하였다. (2001년)
- 현재 3대 중점기술개발과제로 (주)유니슨(Gearless Type)에서 750KW급 풍력발전기 기술개발 및 실증연구를 통해 상용화 완료하였으

며, (주)효성(Geared Type)은 '08년 완료예정이다.

- 2MW급 중대형 풍력발전 시스템 개발 및 실증연구 수행 중이다. (2004년~)
- 해상풍력 실증연구단지 조성연구 수행중 - 실증기간 : 2005.12 ~ 2009.12 (4년)
- 3MW급 해상용 풍력발전시스템 개발 (두산중공업, 2006.8~2009.7)

#### 4. 녹산단지 풍력발전 집적화를 위한 추진전략

##### 1) 풍력현황 자료조사를 통한 향후 풍력발전 추세

앞서 언급한 녹산단지 내의 업체들에 대하여 풍력관련 업종 별 분석을 수행한 결과를 기초로 하여 각 업체별 주력기술들의 분류와 해당업체의 핵심

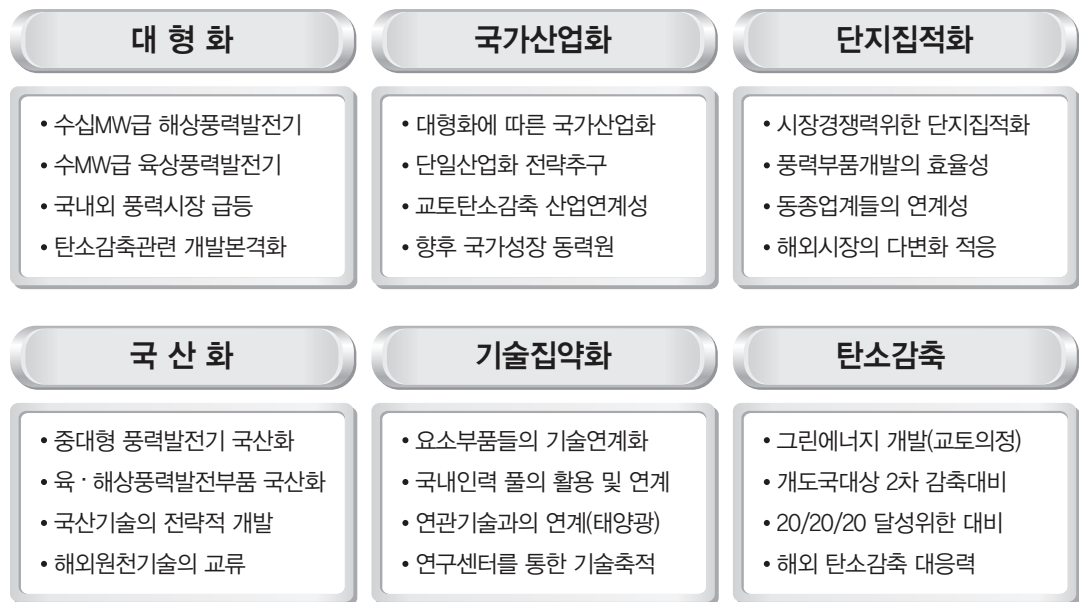


그림 3. 최근 국내의 풍력발전 동향으로 본 향후 풍력발전추세

기술의 내용, 그리고 국내외 풍력발전현황 및 기술 현황, 그리고 미래 ‘풍력’ 단지와 관련되어 적용될 기술개발확립을 위하여 아래와 같은 향후 풍력발전방향을 도출하고자 한다.

우선 <그림 3>에 요약한 바와 같이 최근 국내외 풍력발전 동향으로 바라본 향후 세계적 풍력발전 추세는 크게 대형화, 국가산업화, 단지집적화, 국산화, 기술집약화, 탄소감축 등의 6가지 항목으로 분류할 수 있다.

풍력발전기의 대형화는 향후 국내외 전력생산의 대량화뿐만 아니라 ‘저탄소녹색성장정책’에 발맞춘 향후 풍력발전의 추세로서 탄소감축관련 개발이 본격화되면서 동시에 이루어져야할 방향이다. 특히 풍력발전기의 용량을 키움에 따라 회전블레이드의 회전면적(Sweep Area)이 커지게 되고, 이에 전력을 생산해 낼 수 있는 에너지양이 커지게 된다. 전형적인 750KW급의 풍력발전기에는 일반적으로 지름 약 48m의 회전날개가 부착된다. (예를 들면, 대관령 실증 연구용 750KW 풍력발전기 회전날개 지름 = 48m) 만일, 지름을 2배로 늘린다면 면적은 길이의 제곱인 4배가 되며, 이것은 회전날개로 얻을 수 있는 출력도 4배가 된다는 것을 의미한다. 풍력발전산업에서는 규모의 경제(Economics of Scale)가 통하는데, 더 큰 풍력발전기일수록 작은 풍력발전기보다 전기를 싸게 생산할 수 있다는 것이다. 현재까지는 풍력시장 및

설치되어있는 풍력발전기의 주종이 750KW이나 수 MW급이지만, 최근 해상풍력발전시장이 활성화되고 많은 연구가 진행됨에 따라 수십 MW급의 풍력발전시스템이 개발되고 있고, 시험용 풍력발전기가 건설되어 현재 대규모 해상 풍력단지가 형성 및 적용되어가고 있다.

둘째로 풍력발전산업은 향후 국가산업화, 특히 수출산업화의 양상으로 될 가능성이 크다고 할 수 있다. 이와 관련해서 녹산단지는 기존 국내 제조업의 산업구조, 비교우위 등을 고려해 볼 때 국내기업들이 글로벌 풍력터빈 제조 및 시스템 운영기업으로 부상할 수 있는 잠재력이 매우 크다고 할 수 있다. 특히 녹산단지의 풍력발전산업의 유리한 여건으로는 아래의 <표 6>과 같다. 특히 풍력터빈 및 관련 핵심부품시장은 원천기술의 부재로 인하여 시장진입에 어려움이 있으나 향후 연구센터 및 기술지도등의 꾸준히 연구개발등을 통하여 기술여건이 호전될 것으로 전망되어 국내기업의 적극 진출시 사업기회가 양호할 것으로 판단된다. 최근 조선관련 중공업 업체들의 경우 조선수주의 침체기에 의하여 향후 업종전환의 기회를 부여하고 최근 정부의 신재생에너지 정책을 사업기회로 적극 활용하여 풍력산업을 주요 수출품목으로 계획/육성할 가능성이 존재한다.

셋째로 향후 풍력발전추세는 단지집적화로의 경향이 크게 나타나고 있다. 한반도의 동남공단지역

표 6. 녹산단지의 풍력발전산업에 유리한 여건

	주요 내용
풍력단조산업이 우위	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 세계적 수준의 주요 풍력발전 자유단조품 생산수출기반</li> <li>▶ 풍력블레이드 생산·시스템 운영 노하우 축적할 경우 높은 시너지효과</li> </ul>
주변핵심요소 부품업체들의 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 조선·자동차 요소부품산업의 발달로 터빈 등 핵심부품개발 잠재력 보유</li> <li>▶ 최근 기계·조선산업 발전으로 풍력부품 기술수준 재고 용이</li> <li>▶ 철강 등 소재산업 발달</li> </ul>
주변플랜트수출기업과 연관	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 발전설비, 공장 설비 등의 수출경험이 높음</li> <li>▶ 담수화시설 등 대형 해상 플랜트 건설 및 수출경험</li> </ul>

은 에너지소비가 큰 지역들 중의 하나이다. 그만큼 에너지 자원확보 차원에서 최우선으로 시급한 지역이다. 특히, 최근에 들어 이산화탄소 등의 온실가스로 인한 온난화로 전 세계적인 문제가 고기술 및 신재생에너지의 필요성이 시급한 문제로 절실히 대두되고 있다. 이에 부산시 강서구 송정동에 위치한 녹산공단은 이에 부합하여 풍력특성화 클러스터의 첨단산업단지로 형성이 될 수 있는 최적의 입지라고 판단된다. 특히, 풍력부품개발의 효율성 측면에서 대부분의 부품소재업체들이 들어있으며 동종업계의 연계성 차원에서 유리하고, 해외 풍력요소부품시장의 다변화에 빠른 적응을 할 수 있는 최고의 단지로 집적지 유치를 할 수 있는 국내 최적의 도시가 될 것으로 판단된다.

넷째로 풍력요소부품제조의 자국기술/생산화가 일반추세로 진행되고 있다. 고유가 지속과 세계기후변화에 따른 교토의정서 발효 등으로 신재생에너지 개발의 필요성이 높아지면서 100% 수입에 의존하던 풍력발전시스템의 국산화를 거둔다면 그 수입대체효과를 엄청나다고 판단된다. 특히, 유니슨의 경우 2004년 정부 국책연구과제로 750KW급 국산 풍력발전시스템개발을 수행한 바 있으며 2007년에는 2MW 풍력발전시스템개발을 수행했었다. 효성의 경우 풍력발전시스템의 국산화에 최근 성공을 잇따라 거두면서 수입대체 효과 및 관련산업 활성화에 큰 도움을 주고 있다.

다섯째로 풍력발전산업의 기술집약화를 들 수 있다. 풍력발전산업은 여러 가지 요소기술들이 서로 연계되어 하나의 시스템을 이루는 스펙트럼이 큰 산업이라고 할 수 있다. 이러한 다양한 스펙트럼 산업은 또한 넓은 영역의 다양한 기술인력 풀이 요구되며 이의 활용 및 연계가 가능해야한다. 또한 다양한 풍력요소기술로 탄생한 풍력발전기는 태양광, 수소에너지, 연료전지 등의 주위 관련 연관기술과의 연계성이 최근에 들어 추구하는 기술이다. 따라서, 이러한 기술연계와 다양한 기술개발 그리고 기술집적/집약화산업은 풍력요소기술 연구센터와 같은 기구를 통해 기술지도, 기술연구 및 기술개발을 통해 기술을 축적하고 최적화가 필요하다

고 하겠다.

마지막으로 향후 교토의정서의 2차 감축에 들어간다면 우리나라를 포함한 개발도상국을 대상으로 하는 2차 감축에 대비해야한다. 이에 가장 필요한 신재생에너지 혹은 그린에너지를 개발해야하는데 해외 선진국의 탄소감축 대응력과 비교해볼 때 우리의 대응력은 아주 미비하다고 하겠다. 따라서, 세계적인 풍력발전 추세를 고려해 볼 때, 이러한 기업별 국가적 탄소감축협약을 고려해서 발전방안을 고려해야한다.

## 2) 자료조사를 토대로 한 향후 녹산단지 발전방안

이와 같이 국내외 풍력발전동향으로 본 향후 녹산단지 발전방안을 들면 다음과 같다.

- **풍력발전기의 대형화에 대응한 기술력확보 및 홍보**  
최근 해상풍력발전시장이 활성화되고 많은 연구가 진행됨에 따라 수십 MW급의 풍력발전시스템이 개발되고 있다. 또한 앞서 언급했듯이 풍력발전기의 대형화는 세계의 풍력발전 추세로서 탄소감축관련 개발이 본격화되면서 기본적으로 이루어져야할 방향이다. 이와 더불어 육·해상 풍력발전기 요소부품 대형화에 대비한 정부와 지자체차원에서의 기술지원도 필요하며, 대형화 풍력시장에 보조를 맞추어 녹산단지 자체 상품화 및 대외적인 홍보가 절실히 필요하다.
- **국가를 대표할 수 있는 산업단지로 부각**  
여러 가지 녹산단지 내의 풍력요소부품 관련산업은 국내외 풍력발전기시장의 추이를 살펴본다면 향후 국가산업화, 특히 수출산업화의 양상으로 될 가능성이 크다는 점을 들 수 있다. 이와 관련해서 녹산단지는 기존 국내 제조업의 산업구조, 비교우위 등을 고려해 볼 때 국내기업들이 글로벌 풍력터빈 제조 및 시스템 운영기업으로 부상할 수 있는 잠재력이 매우 크다고 할 수 있다. 이에 녹산 풍력단지의 특성화를 위한 진흥방안 마련이 시급하다고 할 수 있다. 또한 향후 녹

산단지의 국가산업화를 위하여 국내외적으로 홍보의 방안을 마련하는 것 또한 병행하여 수행되어야 할 과제이다.

● **고부가가치 풍력 터빈 및 핵심부품 개발**

풍력요소부품제조의 자국기술/생산화는 앞서 언급했듯이 현재 풍력시장의 일반추세로 진행되고 있다. 고유가 지속과 세계기후변화에 따른 교토 의정서 발효 등으로 신재생에너지 개발의 필요성이 높아지면서 100% 수입에 의존하던 풍력발전시스템의 국산화를 단계적인 발전을 통하여 이루어낸다면 그 수입대체효과는 엄청나다고 판단된다. 따라서, 정부나 지자체차원에서 녹산단지 요소부품 생산기술 및 성능개발지원을 수행하고 국내외 관련업체들과의 원천기술을 공유할 방안을 마련한다면 요소부품의 제조 및 원천기술보유가 미래 풍력발전기 국산화에 한발 다가가는 중요한 계기가 될 것이다. 실제 신규진입장벽이 낮고 풍력터빈 가격의 5~7%에 불과한 자유단조품을 해외에서 납품받아 생산·수출하는 생산구조는 장기간 지속이 불가하다고 판단된다. 또한, 풍력터빈의 안정성 및 가격 경쟁력을 높이기 위해서는 고부가가치 핵심부품·소재의 개발이 시급하다고 하겠다.

● **녹산단지집적화에 대한 추가대책 마련**

향후 풍력발전추세는 단지집적화로써의 경향이 자명하다고 할 수 있다. 특히, 한반도 내 동남권영역은 에너지소비가 큰 지역들 중의 하나이다. 그만큼 에너지 자원확보 차원에서 최우선으로 시급한 지역이다. 이러한 선상에서 녹산 단지집적 및 단지특성화에 대한 추가적인 보완 대책은 향후 녹산단지의 풍력 집적화 단지로의 가속화에 큰 기틀이 될 것으로 판단된다. 이와 관련하여 메인 생산업체와 연관 가공업체들간의 상호 연계방안에 대한 보완책도 병행하여 수행한다면 향후 녹산단지의 풍력요소부품 특성화 단지로도 발돋움 할 것으로 판단된다.

● **풍력요소부품기술 중심의 기술표준화 및 인증센터 구축 방안**

풍력관련 각 부품소재를 생산하는 제조당사자는

풍력터빈의 설계, 제조 및 설치 그리고 전력생산까지의 각 단계에 있어 IEC(International Electrotechnical Commission)의 국제기구에 의해 국제규격화가 이루어지고 있다. 즉, 특정 풍력관련 부품소재들이 인정된 시험기관에서 시험 및 평가되는 것은 국제 공인된 기준을 만족하는 것을 풍력발전기의 구매자에게 확인시켜야 하는 것이다. 녹산풍력 집적지가 풍력산업 기술력의 초기단계지만 연구개발의 결과물인 기술표준 및 인증은 향후 풍력시장의 지배로 연관되어 향후 연구개발 뿐만 아니라 풍력발전시스템의 성능 및 안전성에 대한 국제기구가 인정하는 국내 기준이 절실히 요구된다.

● **풍력터빈업체 중심의 수직계열화 및 분업화**

녹산단지 내의 주요 풍력터빈 요소부품업체들은 부품 공급의 안정을 꾀하고 원가경쟁력을 확보하기 위해 적극적인 수직계열화 필요가 필요하다. 또한, 주축, 베어링 그리고 스크류 등 유사 조선기자재 기계류 부품의 성공적인 자체 개발 경험 등 기술력을 보유한 중소기업과의 분업으로 품질을 제고할 수 있다.

● **시스템 설계 및 운영 경험을 축적하여 운영 서비스의 수출**

풍력발전기의 터빈관련 기계 요소부품시장은 향후 국가간 국내업체간의 경쟁이 심화될 것으로 예상되나, 시스템 운영 및 컨설팅분야의 경우 진입장벽이 높아 고부가가치의 시장으로 판단된다. 따라서, 정부 국책사업에 국내업체를 시스템 운영사로 활용하여 초기에 관련경험 및 평판을 축적할 수 있도록 지원함으로써 제조에서 시스템운영까지 종합서비스업체로 부상할 수 있는 기반을 조성하는 것이 우선적이라 생각한다. 또한, 내수시장이 일정수준에 이를 때까지 정부 추진 풍력발전 연구센터나 실증센터같은 중심이 되는 조직을 확대육성하는 것이 필요하다고 판단된다.

● **국제적 탄소감축을 위한 미래대응체제구축**

앞서 언급했듯이 향후 교토의정서에 서로 의결한 2차 감축에 들어간다면 우리나라를 포함한

개발도상국을 대상으로 하는 2차 감축에 대비해야 한다. 이에 가장 필요한 신재생에너지 혹은 그린에너지를 개발해야 하는데 해외 선진국의 탄소 감축 대응력과 비교해볼 때 우리의 대응력은 아주 미비하다고 하겠다. 따라서, 세계적인 풍력발전 추세를 고려해 볼 때, 이러한 기업별 국가적 탄소감축협약을 고려해서 발전방안을 고려해야 한다. 이를 위하여 녹산단지 내 산업체별 탄소감축 대응책 마련하고 국내외 관련업체들과 탄소 감축과 관련 원천기술을 공유할 방안마련이 절실하다고 하겠다.

● **국내 풍력산업의 육성을 위해 적극적인 정책적 지원**

풍력발전기관련 국산부품 이용비율을 높이기 위한 정부정책 상 세제 우대, 계통연계 건설비용에 대한 지원, 해상풍력용 프로젝트에 대한 지원 등이 우선적으로 고려되어야 할 대상이다. 또한, 일반적인 쏠림현상(Herd Behavior)에 따른 과잉 중복투자 및 버블발생을 억제하면서 경쟁력 있는 기업을 선별·육성할 필요가 있다고 판단된다. 그리고, 중소 전문 부품업체와 터빈생산 및 시스템 운영을 담당하는 대기업 간 분업을 촉진하는 지원책으로 상생협력을 유도하는 것도 한 방안이 될 수 있다.

● **관련 산업의 중·장기적 금융지원 방향**

풍력발전기 시스템업체와 관련 국내에 가장 경쟁력 있는 상위 1~2개사를 세계적 수준으로 집중육성할 필요가 있다. 국외의 주요업체들을 예로 들면, 덴마크, 미국, 스페인 등은 각각 VESTAS, GE, GAMESA 등 경쟁력 있는 1~2개의 선도기업을 보유하고 있다. 이들은 부품 및 터빈제조, 설치 및 유지보수 등 가격경쟁력 및 기술축적을 위해 풍력터빈업체 중심의 수직계열화 지원을 수행하고 있다. 또한, 수출기반 강화 및 외화가득률(Foreign Currency Proceeds Ratio) 제고를 위해 컨설팅-제조-설치·운영까지를 망라한 턴키방식의 해외진출 지원을 하고 있다.

## 5. 결론

본 연구를 통해 다음과 같은 최종결론을 제시하고자 한다.

- (주)태웅, (주)평산 그리고 (주)현진소재 등과 같은 기업들의 경우 자체연구소와 발전방안을 보유하고 있으나, 관련업체와의 연계가 이루어지지 않아 3차 기관을 통한 기술교류나 기술연계가 필요할 것으로 판단된다.
- 상기 주요 풍력관련 단조 및 주조업체들을 제외한 중소기업도 산업체들은 대부분 연구시설을 보유하고 있지 않는 업체들이 대부분이었으며, 업체자체가 미확인된 업체 및 풍력과 관련되지 않은 업체들도 상당수 있었다.
- 녹산단지 내 풍력발전기관련 요소부품을 생산하는 업체들의 대부분이 풍력부품 중 플랜지와 메인 샤프트와 같은 단조부품을 생산하는 업체가 대부분이었으며, 그 외 베어링, 증/감속기, 타워관련부품 등의 관련업체들도 있었다.
- 향후 풍력발전을 위한 집적지 육성을 위해서는 단조부품들 뿐만 아니라 블레이드나 발전기 등의 핵심요소기술 분야에의 연구 분야개발이 필요하다고 판단된다.
- 또한, 풍력발전 연구센터와 같은 중립기관의 설치를 통한 기술교류와 혁신의 촉진이 필요하며 이는 향후 녹산단지 미래발전계획에 반영되어 추진되어야 한다.
- 향후 풍력발전기의 대형화 추세에 따른 요소부품생산 기술력확보와 요구되며, 녹산단지가 풍력 요소부품 생산의 메카 혹은 집적지가 되기 위해서는 대외적인 홍보 및 관련기관 유치가 필요하다.
- 향후 풍력발전기사업의 대형화 추세에 따라 녹산단지 내 산업체별 원천기술력 확보가 절실하며 향후 외부의 업체들이 풍력집적지로 회사이전 및 동종 생산품목의 경우 업체간 연계를 위한 대외적인 홍보가 필요하다.
- 각 업체들이 정부·지자체·공단과 지속적인 연계 및 교류를 수행하고 그 성과로 연구 및

생산에 필요한 지원을 받을 수 있도록 정부차원에서의 자금확보,공단근처의 학·연차원에서 연구 및 기술지원에 대한 대책마련이 시급하다.

- 녹산공단내의 대부분의 업체들이 임가공중심의 생산위주에서 탈피하여 풍력 핵심요소기술 중심의 블레이드와 같은 원천기술개발과 요소 부품에 대한 인증체제구축 필요하다.
- 본 집적지연구를 기반으로 향후 대한민국을 대표할 수 있는 풍력산업단지의 진흥을 위한 향후 후속 연계 작업이 필요하다고 판단된다.

## 6. 후 기

본 연구는 한국산업단지공단 녹산클러스터추진단에서 주관하는 2009년도 풍력발전산업 집적지육성사업의 일환인 녹산단지 풍력발전산업집적지육성 연구비지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

임희창, 2009, "신재생에너지 현황과 미래 - 원천 기술, 인증능력 갖춘 풍력집적단지 필요", 한국산업단지공단 News Letter Vol.4, pp.40-41.

한국산업단지 총람, 2009, Korea Industrial Complex Directory.

한국산업단지공단 녹산클러스터추진단, 2009, 녹산단지 풍력발전산업 집적지 육성, 연구보고서.

Global Wind 2006 Report (GWEC-Global Wind Energy Council)

Global Wind 2007 Report (GWEC-Global Wind Energy Council)

Global Wind 2008 Report (GWEC-Global Wind Energy Council)

GWEC Wind Force 12, 2005, "A blueprint to achieve 12% of the world's electricity

from wind power by 2020".

Sara Knight, 1996, "Dip in Growth Catches Firms Unawares", Wind power Monthly, Vol 12 No 11.

D.A. Spera, 1994, "Wind Turbine Technology Fundamental Concepts of Wind Turbine Engineering", The American Society of Mechanical Engineers.

Paul Gipe, 1995, "Wind Energy Comes of Age", John Wiley & Sons.

David A. Spera, 1994, "Wind Turbine Technology, Fundamental Concepts of Wind Turbine Engineering", The American Society of Mechanical Engineering.