

# 풍력발전 기술의 현황과 동향 ①

본 내용은 2002년 9월9일부터 12일까지 대전 소재 한국에너지기술연구원이 개최하고 독일의 풍력연구소(DEWI)가 주관한 “풍력기술 강습회”의 기술적 내용을 전력기술인들이 접할 수 있도록 하기 위하여 연재합니다.

- 자료제공 : 기우봉 -



## 목 차

- I. 개요
- II. 풍력터빈 기술
- III. 풍력터빈의 공기유체역학
- IV. 풍력터빈에 대한 표준과 추천 및 각종 하중과 그에 따른 손상
- V. 풍력자원 입지 선정
- VI. 해양풍력단지 현황기
- VII. 전기계통 및 풍력 발전설비의 전력 품질
- VIII. 풍력과 디젤발전기의 혼합 시스템

## I. 개요

### 1. 풍력에너지 개발의 현황과 전망

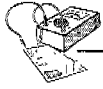
#### (1) 풍력에너지 개발 현황

##### 1) 2002년 6월말 현재 독일의 풍력설비 용량

	2002.6.30 현재 시설용량	2002년 상반기 설치용량
풍력터빈 대수(대)	12,226	828
시설용량(MW)	9,842	1,088
평균 단기 용량(KW)	802	1,314

##### 2) 유럽 각국의 풍력시설 현황

	2001년말 시설용량(MW)	2001년에 설치한 시설용량(MW)	2006년의 총 시설 예상(MW)
독일	8,734	2,627	20,484
스페인	3,550	1,060	11,850
덴마크	2,456	115	3,806
이탈리	700	276	2,250
영국	525	107	3,875
네덜란드	523	52	1,348
그리스	358	84	1,198
스웨덴	318	53	1,718
포르투갈	153	42	653
아일랜드	129	7	729
프랑스	115	52	3,665
오스트리아	86	17	286



	2001년말 시설용량(MW)	2001년에 설치한 시설용량(MW)	2006년의 총 시설 예상(MW)
핀란드	40	1	365
벨기에	34	15	229
터키	19	0	249
노르웨이	17	4	787
스위스	5	2	125
기타 유럽	51	23	651
합계	17,812	4,527	54,087

BTMDEWI

3) 세계 주요지역 풍력발전시설 현황

	2001년말 시설용량(MW)	2001년에 설치한 시설용량(MW)	2006년의 총 시설 예상(MW)
미국	4,245	1,635	11,945
캐나다	214	75	1,214
중남미국가	131	35	1,434
소계	4,593	1,745	14,593
인도	1,456	236	4,256
중국	406	54	1,706
일본	357	217	1,657
기타아시아국가	18	4	118
소계	2,237	511	7,737
북부아프리카	137	0	912
오세아니아주	106	41	1,156
CEUS	20	1	530
중동국가	18	0	253
기타대륙	5	0	115
소계	286	42	2,966
세계 총시설	24,927	6,824	79,382

BTMDEWI

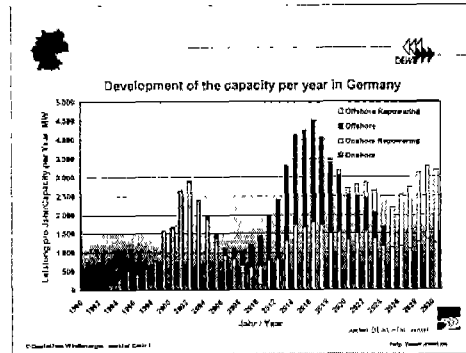
4) 세계 주요 풍력발전 설비 제조회사의 제조 실적

회사명	베스타스	에네르콘	NEG 마이콘	GE-WE
국가	덴마크	독일	덴마크	미국
비중(%)	23.4	14.6	12.4	12.2

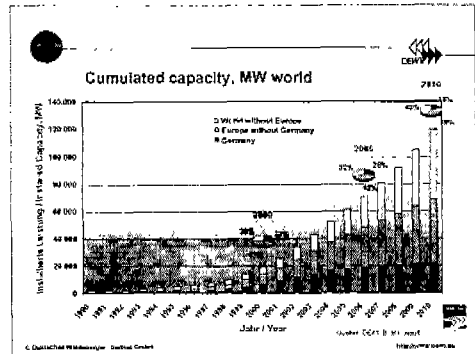
회사명	가메사	보너스	노르덱스	기락
국가	스페인	덴마크	덴마크	기락
비중(%)	9.2	8.4	6.5	13.4

(2) 풍력에너지개발 전망

1) 독일에서의 매년 설치 전망 (별첨 표I-1)



2) 연도별 세계 총 시설 전망 (별첨 표I-2)



(3) 풍력에너지 발전단계 예상

- 1단계 - 전력계통 연계운전
- 2단계 - 해상 풍력
- 3단계 - 풍력-디젤
- 4단계 - 풍력 수소

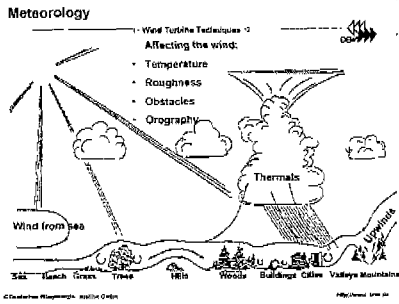
2. 풍력에너지 개발의 단계적인 형태

- 1단계; 전력계통에 연계운전
- 2단계; 해상단지조성
- 3단계; 풍력 - 디젤발전 복합운전
- 4단계; 풍력으로 수소제조

II. 풍력터빈 기술

2. 기상현상

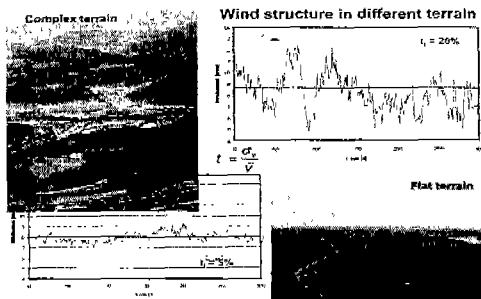
- (1) 기상의 변화는 태양에 의해 발생한다.  
(그림 II-1)



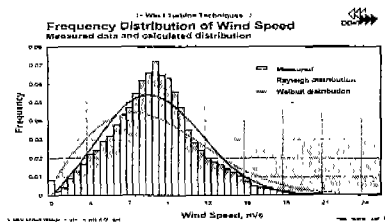
Notes

- (2) 바람에 영향을 주는 사항은 대기온도, 지표면의 거칠음 정도, 장애물 및 산악 구릉 등이 있다.

- (3) 지세에 따른 풍속변화 (그림 II-2)

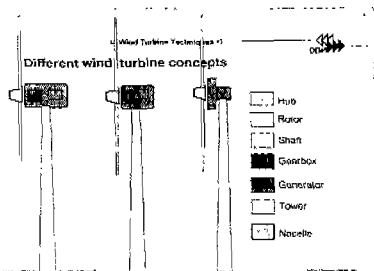


- (4) 풍속별 발생빈도 (도표 II-1)

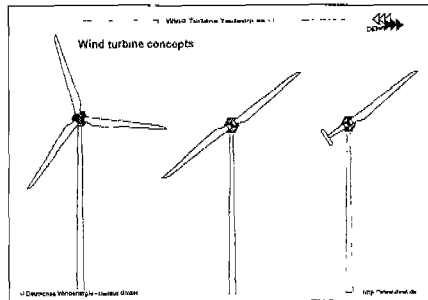


2. 풍력터빈발전기의 분류

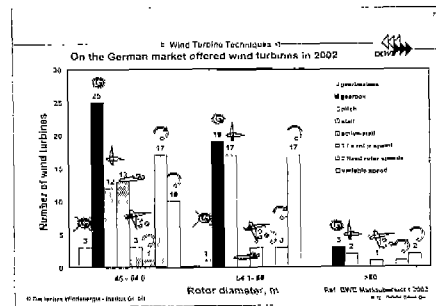
- (1) 기어박스 유무에 따른 분류 (그림 II-3)



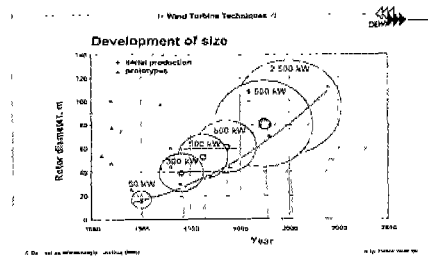
- (2) 날개 수에 따른 분류 (그림 II-4)



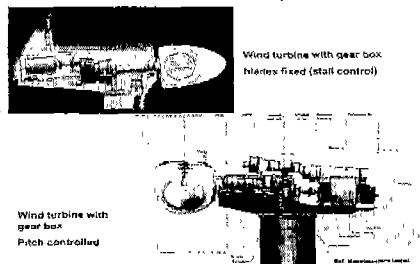
- (3) 독일에서의 2002년도 형식별 선호도

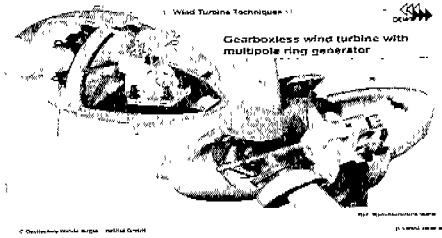
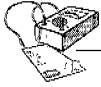


- (4) 풍력발전기 단기 규모 (도표 II-3)



- (5) 기어가 있는 풍력터빈(위쪽)과 기어가 없는 풍력터빈(아래쪽)의 사진

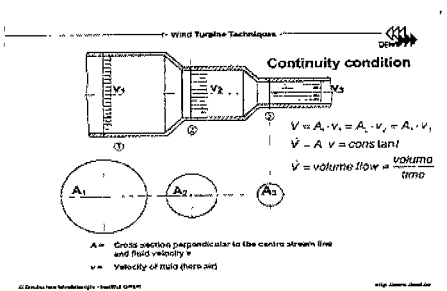




### III. 풍력터빈의 공기유체역학

#### 1. 유체역학 기본이론

##### (1) 연속의 정리 (그림 III-1 참조)



유체역학에서의 연속의 정리는 가장 기초적인 법칙으로 어떤 관로를 통과하는 유체의 양은 유체의 수축이 있거나, 관로 외부로의 누설이 없는 한 관로의 지름이나 형태에 상관없이 동일하다는 법칙을 말한다. 상기 그림에서

$$V = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = A_3 \cdot v_3$$

상기식에서 “V”는 관로내를 단위시간에 통과하는 유량(m<sup>3</sup>/s)을 말하며, “A1” “A2” “A3”는 “1” “2” “3” 지점에서의 관로의 단면적(m<sup>2</sup>)을 나타내며, “v1” “v2” “v3”는 각 지점에서의 유속(m/s)을 말한다.

##### (2) 베르누이(Bernoulli)의 정리(또는 방정식) 이상유체(여기서는 공기)에 대한 에너지

보존의 법칙에 따르면 다음과 같은 조건 하에서 운동에너지와 위치에너지의 합은 항상 일정하다.

조건 ; ( 마찰이 없고, 유체의 흐름에 교란이 없는 정류이며 압축 할 수 없다는( 공기 유속 < 100m/s) 가정).

$$m \cdot g \cdot h_1 + 1/2 \cdot m \cdot v_1^2 =$$

$$m \cdot g \cdot h_2 + 1/2 \cdot m \cdot v_2^2 = \text{일정}$$

상기 식에서 m ; 질량(Kg), g ; 중력의 가속도(9.8 m/s<sup>2</sup>), h ; 높이(m)

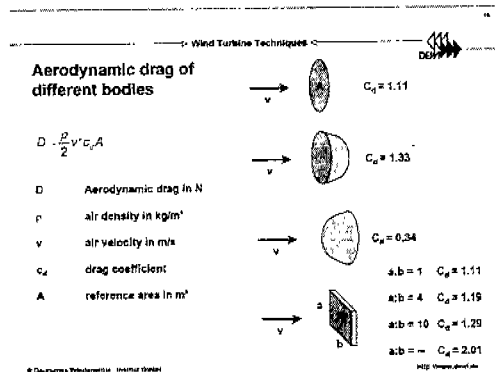
베르누이의 방정식은 아래식과 같이 靜壓力 과 動壓力의 합은 항상 일정하다는 법칙이다

$$P_1 + 1/2 \cdot e \cdot v_1^2 =$$

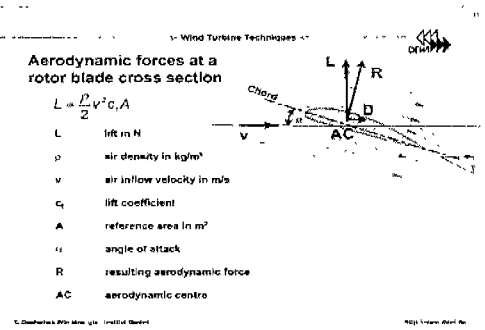
$$P_2 + 1/2 \cdot e \cdot v_2^2 = \text{일정}$$

상기 식에서 “P”는 정압력(static pressure) “ 1/2 e v<sup>2</sup> “ 은 동압력(dynamic pressure) 을 “e”는 유체의 밀도를 말한다.(유체는 압축불가능한 것으로 가정한다). 동압력과 정압력의 합을 전압력이라 한다. 관로 내에서 전압력은 일정하다.

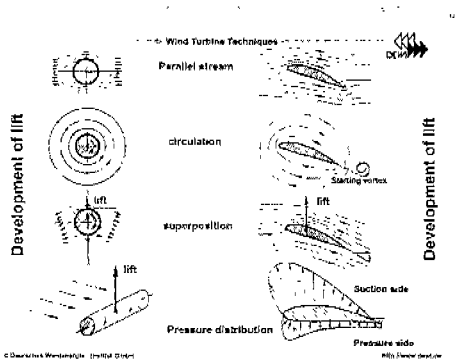
##### (3) 물체의 형체에 따른 공기유체역학상의 항력 대비 (그림 III-2)



(4) 풍력터빈 날개에 가해지는 공기 유체역학적인 힘 (그림 III-3)



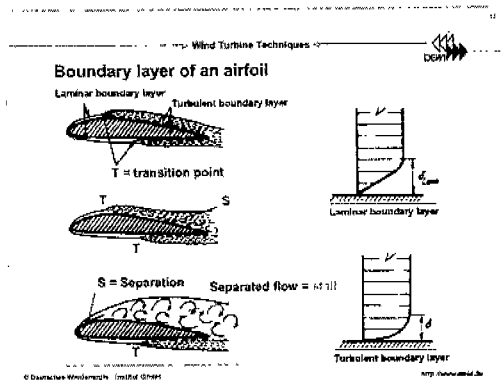
(5) 양력(Lift)의 발생 (그림 III-4)



베르누이의 정리(방정식)와 위의 두 그림에서 우리는 일반 상식과는 다른 현상이 있다는 것을 발견할 수 있다. 우리의 일반 상식으로는 바람이 직접 터빈의 날개를 밀어서 회전시키면서 그 힘으로 발전을 한다고 생각하기가 쉽다. 베르누이의 압력평형식을 본다면 동압력과 정압력의 합계가 항상 같다면, 유속이 빨라져서 동압력(속도의 2승에 비례)이 커진다면 그 곳의 정압력은 작아질 수 밖에 없으며, 이에 따라 유속이 낮은 쪽은 동압력은 작은 반면 그곳의 정압력은 높아져서 유속이 빠른쪽으로 밀수(물체-날개 등) 밖에 없으며 이를 공기유체역학에서는 양력이라 한다. 그림 III-3과 그림 III-4의 좌열과 우열의 위에서 셋째 번 그림을 본다면 날개 (또는 물체) 위의 기류는 기류층이 모여있어 유속이 빠르며 아래

측은 유속의 변화가 없어 유속이 낮아 위쪽으로 밀려 양력을 받게 된다는 것을 알 수 있다. 바람이 날개를 직접 미는 힘은 항력이라 하며 그 크기는 양력의 수 십분의 1에서 100분의 1 밖에 되지 않는다는 것이 실험에서도 확인되었다. 풍력터빈은 이러한 양력을 이용하여 출력을 얻으며 바람의 미는 힘으로 에너지를 얻지 않는다는 것을 확실히 알아야 한다. 즉 바람의 미는 힘이 아니라 공기의 기류에 의해 힘이 생긴다는 것을 알아야 한다. 이러한 현상 때문에 터빈이 회전하면 날개에 가해지는 상대 풍속이 실제 풍속의 몇 갑절 크게 되어 양력은 더욱 확대된다. 만약 항력을 이용하여 터빈을 구동하였다면 어떤 면에서는 터빈의 컨트롤이 더 어려웠을 것이다. 앞으로 예기할 스톨 컨트롤은 터빈 속도가 어느점 이상 상승하면 이러한 양력에 혼란을 일으켜 터빈 속도의 과속을 방지하게 된다.(스톨 컨트롤 터빈)

(6) 터빈날개에 연한 공기층 양태 (그림 III-5)



위 그림에서 풍속(엄밀하게는 풍속과 회전에 의한 상대속도의 벡터 합)이 점점 커지면 난기류의 경계선이 점점 날개의 앞으로 전진하여 양력을 잃게 되는 것을 보여준다.

다음호에 계속됩니다