

風車發電 實用化 試驗에 關하여

(下)

An Experiment in Utilization
of Wind Energy



동자부 후원으로 全北 歙구군 죽도에 설치된
5 kW 급 풍차

李 春 植

KAIST 機械 · 電子工學 研究部長
工博

4. 國內 風車 開發 現況

국내에서의 풍력발전에 관한 연구개발은 1974 년
부터 시작되어 현재까지 과학기술처 산하의 한국
과학기술연구소, 한국과학원 및 동력자원부의 동력
자원연구소에 의해 수행되고 있으며 기업체로는 대
한항공의 항공기술연구소가 자체연구를 하고 있다.

이들 Project에 대한 개요는 다음과 같다(표9
표10).

가. KAIST 수행 Project (KAIS, KIST)

1) 풍력이용에 관한 종합연구(KAIS)

기간 : 1974. 2 ~ 1975. 1

목적 : 해안 및 도서지방의 양수 및 전화를 위하
여 풍력양수기와 풍력발전기를 연구, 개발하여 국
내 부존에너지 활용

내용 : ① 해안지방의 풍력자료 분석

② 2 kW급 풍력 발전기의 설계, 제작 및
설치실험

2) 제주도 종산간 지대의 전화 및 지하수 양수용 풍력발전기의 개발연구(KIST)

기간 : 1975. 9 ~ 1976. 3

내용 : 2 kW출력의 풍력발전기를 설계 · 제작하
여 제주도 금악단지의 상 · 하동에 설치, 운전시험
을 했다. 이 Project는 다시 “도서지방용 풍력발
전기 개발(1976. 3 ~ 1976. 12)” Project 와 연결되
어 제주도 상천리 KIST 농장에 2대를 추가 설치
하여 운전시험을 했다.

3) 풍력발전 개발연구(KAIS)

기간 : 1976. 9 ~ 1977. 7

내용 : 3.5kW 출력의 풍력발전기를 설계 · 제작하
여 경기도 화성군 송산면 어도리에 설치, 시험

4) 풍력발전 계통에 관한 개선 및 설계(KIST)

기간 : 1977. 5. 1 ~ 1978. 1. 31

내용 : 기설치된 제주도 풍력발전기 4대를 완전
철거하여 설계보완하여 2 kW급 2대(K-1, K-2)
를 새로 상천리 KIST 농장에 설치하고, 호주제
Quark's 2 kW 풍력발전기를 도입 · 설치하여 K-1,
K-2와 성능비교

5) 5 kW급 풍력발전기 설치에 관한 연구(KIST)

〈표-9〉 KAIST 개발 풍차 현황

풍차명칭	KAIS/2kW	KIST/2kW	KIST/2kW K-1, K-2	K-3 (Quark's 2kW)	KAIS/3.5kW
설치연도	1975	1976	1977	1977	1977
설치장소	경기도 화성군 어도리	제주도 금악단지 (2), KIST농장 (2)	제주도 KIST농장	제주도 KIST농장	경기도 화성군 어도리
정격출력 (kW)	2.2 (최대연속출력)	2	2	2	3.5
정격풍속 (m/s)	12	12	12	12	12
날개직경 (m)	4	4	4	4	4.5
탑높이 (m)	11	6	6	6	10
날개수 (개)	3	3	3	3	3
형식	수평상류	수평상류	수평상류	수평상류	수평상류
현황	철수	철수	철수	철수	철수
제작자	KAIS	KIST	KIST	호주의 Quark's	KAIS

풍차명칭	죽도 5kW (WVG50G)	개야도 10kW (Aeroman 11/11)	제주도 5kW (1) (WVG50G)	제주도 5kW (2)
설치연도	1979	1980	1982 (예정)	1982 (예정)
설치장소	전라북도 옥 구군 죽도	전라북도 옥구군 개야도	제주도 신촌	제주도 신촌
정격출력 (kW)	5	11	5	5
정격풍속 (m/s)	12	8.3	12	12
날개직경 (m)	5	11	5	5
탑높이 (m)	10.5	10	12.5	12.5
날개수 (개)	3	2	3	3
형식	수평상류	수평 Fan Tail	수평상류	수평상류
현황	정상가동중	정상가동중	1982. 7. 30 완공예정	1982. 9. 30 완공예정
제작자	Swiss 의 Elektro GmbH	독일의 MAN	Swiss 의 Elektro GmbH	KAIST

기간 : 1979. 6 ~ 1979. 12

내용 : 우리나라 기상조건에 맞는 신뢰도가 높은
풍력발전기를 개발하기 위해 외국에서 개발된 신뢰
도가 높은 5 kW 급 풍력발전기를 선정·도입하여
설치·운전시험

6) 태양열-풍력 복합발전 시스템 개발에 관한
연구 (KIST)

기간 : 가) 1978. 9 ~ 1980. 3

나) 1980. 7 ~ 1982. 3

(표-10) KAL/KIAT 풍차 개발 현황

풍차명칭	REDITE 6kW	Quark's 2kW	KIAT 1.2kW	KIAT 3.7kW	KIAT 600W
설치년도	1975	1976, 1980	1981	1982	미 정
설치장소	제주도 제동 목장	제주도 제동 목장	경상남도 김해	경상남도 김해	미 정
정격출력 (kW)	6	3 (실제 2)	1.2	3.7	0.6
정격풍속 (m/s)	8	12	10	10	10
날개직경 (m)	5	4	4	5.3	4 φ
날개수 (개)	3	3	3	3	3
탑높이 (m)	~	-	4.5	10	4.5
형 식	수평상류	수평상류	수평상류	수평상류	수직 Straight-blade
제작자	서독 REDITE	호주 Quark's	KIAT	KIAT	KIAT
현 황	가동중	가동중	가동중	가동중	축소 Model에 대한 풍동실험중

내용 : 1, 2차로 나누어 1차에서는 태양열 (10kW) 과 풍력 (10kW) 발전시스템을 선정하여 도입 설치 하고, 2차에서는 시스템의 성능측정 및 실험을 위한 계속사업으로 다음의 목적을 가지고 있다.

(1) 국내 미전화 지역의 전화를 위한 소형 태양 열 및 풍력발전 시스템의 보급 가능성 시험연구

(2) 태양과 풍력에너지의 상호보완을 위한 복합 시스템의 가능성시험

(3) 소형 태양 및 풍력발전시스템 개발 능력의 배양

(4) 한전 계통선의 미래 전원으로서의 대형 태양 및 풍력발전 시스템개발을 위한 기술의 축적

7) 제주도 풍력발전 시스템 (5 kW) 개발연구

기간 : 가) 1981. 12. 21 ~ 1982. 7. 30

나) 1982. 2. 8 ~ 1982. 9. 30

내용 : 본 연구는 제주도에서 추진중인 자연에너 지를 이용한 풍력발전 시스템 개발을 위한 사업으 로 1, 2 단계로 구분된다. 1 단계는 5 kW급 외산 풍차 1대를 설치·시운전 하는 것이고, 2 단계는 시험용 국산 5 kW급 풍력발전기를 설치·시운전하 는 것이다.

8) 한·독 태양열-풍력 복합발전 시스템에 관한 연구

기간 : 가) 1982. 4. 1 ~ 1983. 3. 31

나) 1984 ~ 1986

내용 : 본 연구는 한국 및 서독 연구팀이 공동으 로 태양열-풍력 복합발전 시스템을 설계, 제작, 설치하고 이의 실험을 통하여 한국 및 동남아 제국 에서 이용될 수 있는 최적시스템을 개발하는 것을 목표로 하며 주요내용은 다음과 같다.

가) 1 단계 목표

○ 15kW급 시스템을 서독에서 제작, 한국에 설 치

○ 한국 여건에 맞는 최적시스템의 연구개발

○ 국내 제작 능력의 배양

나) 2 단계 목표

○ 국산 풍력 및 태양발전 시스템의 제작

○ 국내 보급 및 제 3국 진출을 위한 설계의 포 준화

나. KAL/KIAT 연구 현황

대한항공은 1975. 2. 27 서독의 REDITE 6kW 급 풍력발전기를 제주도 제동목장에 설치, 운전을 시 작한 이후 호주의 Quark's 3 kW (실용 2 kW) 풍 력발전기 2대를 설치·운전하고 있다. 최근에는 산 하연구소인 KIAT에서 국산 풍력발전기를 개발하 고 있으며 그 개요는 다음과 같다.

1) 1.2kW 풍차개발

미전화지역에 저렴한 가격으로 널리 보급시키기

(표-11) 소형풍차 성능검사

제조사	American Turbine	Wind	North Wind	Sencenbaugh	Dunlite	Kedco	Altos	Grumman	Zephyr	Elektro
Model	AWP-16	Eagle 3kW-110	Eagle 3kW-110	1000-14	81/002550	1200	8 B	Windstream 25	15kW	WV 50G
날개 수	Multi-bladed Bicycle	3	3	3	3	3	Multi-blade Bicycle	3	3	3
정격출력 (kW)	2.0	3.0	3.0	1.0	2.0	1.2	1.5	15	15	6
정격풍속 (m/s)	9.0	12.2	12.2	10.3	11	9.3~9.8	12.5	11.6	14	11.7
Rotor 직경 (m)	4.88	4.14	4.14	3.65	4.1	3.6	2.4	7.62	9	5
Hub 높이 (m)	15.8	15.76	15.76	12.2	12.2	12.2	12.2	15.8	15.7	16.8
Type	수평축, 고정 Pitch, 상류형	수평축, 상류형	수평축, 상류형	수평 Propeller, 고정 Pitch, 상류형	수평 Propeller, 가변 Pitch, 상류형	수평, 상류형	수평축 고정 Pitch, 상류형	수평 가변 Pitch, 상류형	수평 고정 Pitch, 하류형	수평, Pweller Type, 가변 Pitch, 상류형
Rotor 속도제어	Tail 을 접어서 제어	원심력에 의해 Blade의 Pitch 제어	원심력에 의해 Blade의 Pitch 제어	Tail 을 접어서 제어	원심력에 의해 기계적 Feathering	원심력에 의한 Pitch Control	Tail 을 접어서 제어	Blade Pitch Control	Positive Yaw Drive	원심력에 의한 기계적 Feathering과 Tail-을 접어서 제어
	Tail Rod의 나사 부분이 험하고 Brushing이 많다. 펄스 부하를 견디지 못하며, 브러시 사용하지 않는 경우는, 발화하지 못하며, 발화하지 못하는 것으로 나타났다.	중진에는 이상 없음이나 과전압이 발생한다. Tail을 접는 속도가 빨라 Cable과 권선에 손상을 준다. Hub와 축을 연결하는 Key Way에 결함이 있었으나, 현재는 개선되었다.	중진의 Oil Seal이 없어서 운전중 Oil이 누출되어, Tail과 Blade 1개가 떨어져 나감으로 Blade 1개는 부러졌다. 2. Fork End Assembly의 Roteller가 떨어져서 강철 Feathering 장치에 고정. 풍속 8 m/s에서 Cp=0.22로 운전	주축의 Oil Seal이 없어서 운전중 Oil이 누출되어, Tail과 Blade 1개가 떨어져 나감으로 Blade 1개는 부러졌다. 2. Fork End Assembly의 Roteller가 떨어져서 강철 Feathering 장치에 고정. 풍속 8 m/s에서 Cp=0.22로 운전	실질도중 2번 사 고가 있었음. 1. 폭풍에 의해 Tail과 Blade 1개가 떨어져 나감으로 Blade 1개는 부러졌다. 2. Fork End Assembly의 Roteller가 떨어져서 강철 Feathering 장치에 고정. 풍속 8 m/s에서 Cp=0.22로 운전	Feathering 장치에 결함이 있는 것이 나타났다. F-ly Ball이 Rotor의 회전을 정확히 제어하지 못해서 과 회전으로 인해 F-ly Ball이 파손되었 다. 풍속 27~31m/s에서 파진류로 인하여 Slip Ring이 파손되었다.	Tip Speed Ratio가 1.5~2.5에서 운전되며 풍속 9 m/s에서 Cp=0.19이다. 지평선 풍속 상태에서 Tail이 접히지는 것이 걱정되고 Tail의 용접이 확실하지 않아 Tail이 파손	풍량의 변화에 따른 반응이 약하다 초기 실험에서는 이 되어야 풍향에 따라 방향을 바꾸었으나, 질가 커서 되고 있다. 탑의 진동 문제로 인해 실험이 진행중이다.	22~31m/s의 풍속에서 낙개 하나가 파손되고 Hub Spinner와 Nacelle이 손상을 입음	강한 폭풍으로 인하여 Tail을 접는 Brake Cable이 끊어져서 Tail이 다 부서져서 운전할 때 가 되어 별개 모두 부러짐.

위한 보급형으로 가격을 낮추기 위해 폐차 부품을 이용하고 있으며 가격을 낮추는데 매우 효과적이다.

2) 3.7kW 풍차개발

미전화지역의 전기공급을 위해 자체 설계·제작·설치하여 1982년 2월부터 운전중이다.

3) 수직형 600W급 풍차개발

이 풍차는 직경이 4 m이고 Straight-Blade 3개로 이루어진 600W급으로 개발계획이며 현재 축소 모델용을 이용한 풍동실험이 수행되고 있다.

다. 기 타

내무부에서는 1975년부터 77년까지 낙도 무선전화용으로 200W급 풍력발전기를 동보전자사로부터 구입 200여대를 설치하였으나 태풍사의 대책이 없고 보안관계 등으로 모두 폐기되었다.

II. 結 論

1. 世界 風車實驗 實態

앞서 기술한 바와같이 1978년 DOE에서는 소형 풍차의 상용화를 위하여 소형풍차 9대를 선정·성능검사를 하였다(표11).

이 성능검사중 Kedeo 1,200은 Feathering Mechanism에 문제가 있어 개량했으며 North Wind는 Hub Assembly에 결함이 있어 파손원인을 제거·개선되었다. 소형풍차는 이미 실용화단계를 지나고 상용화를 서두르고 있으며 경제성을 높이기 위해 대형화에 보다 더 주력하고 있는 실정이다.

2. 國內 風車 實用化 實驗現況

1975년 11월 풍력발전기 2대를 제작, 12월 부품별로 시험완료하여 76년 1월 28일 제주도 북제주군 금악단지 상·하동에 1대씩 2대를 설치했다.

76년 2월부터 12월말까지 현지 종합시험 실시 중 76년 9월 14일 상동의 풍차가 날개 및 발전기가 지상으로 떨어져 파손되었다. 이 사고의 원인은 태풍 프랜드호의 영향이었다.

그후 76년 11월에 제작된 2대의 풍차를 12월 상천리 KIST목장에 설치하였으나 제대로 작동하지 않아 77년 5월 재보수를 위하여 기설치된 4대의 풍차를 모두 철거하여 11월 상천리 농장에 K-

1, K-2, K-3(호주 수주품)의 3대의 풍차를 다시 설치, KIST개발 발전기와 호주제의 성능을 비교하였다.

78년 2월 K-2의 날개가 2개 파손되고 4월에는 호주제 K-3가 발전기의 전기적인 고장으로 가동중지 하였다. 이 동안 K-1은 발전기의 Bearing이 파손되어 발전기를 교체하고 K-2는 날개고정 Shaft가 파손되어 Shaft를 교체하였다.

78년 5월 K-2의 날개 1개가 또 파손되었는데 이때까지의 풍차의 고장은 거의 대부분이 돌풍 또는 회오리바람 등에 의한 날개의 파손이었다.

이밖에는 KAL 연구소에서 75년 2월에 6kW 서독제 풍력발전기(Realite)를 제주도 제동목장에 설치하고 76년 8월 호주제 3kW(실제는 2kW와 동일) 풍력발전기를 세워 시험하였으나 이들 또한 대부분의 사고가 날개파손이었다.

이들 사고는 돌풍에 의한 날개의 진동, 철탑 및 발전기의 요동, 탑과 날개사이의 간격이 적어 철탑과 날개가 부딪쳐 발생하는 사고들로 이들의 개선책이 소형풍차 실용화의 급선무로 나타났다.

79년 12월에는 전북 옥구군 죽도에 5kW급 S-wiss제 풍력발전기를 설치하였고, 80년 6월에 옥구군 개야도에 서독제 10kW 풍력발전기를 세워 현재까지 가동중인데 날개문제는 개선되어 운전결과 만족스러운 편이다.

3. 問題點

75년부터 현재에 이르기까지 15대의 풍차(외산 포함)가 설치되어 시운전되었는데 이들의 문제점은 다음과 같이 대별할 수 있다.

가. 태풍시 파손

나. 사후관리 소홀

다. 입지선정 잘못

라. 철탑 및 날개진동

이들은 결국 운전경험의 부족과 설계제작 기술의 미숙으로 태풍시를 대비한 날개제어장치(Pitch Angle 제어 또는 Tail Blade설치 등)의 설치 또는 개선, 철탑의 진동해석, 날개의 응력해석 등이 주문 제점으로 지적되고 있다.

제주도에 설치하여 비교시험을 할 제주도 Project가 끝나면 국산풍차실용화가 어느 수준에 이르렀는지 알 수 있을 것이다.