

風力에너지의 利用

全 烘 爽

(太陽에너지研究所
標準研究室 前任研究員)

1. 序 言

에너지는 人間活動의 근원이며 生活水準의 향상과 産業發展에 필수불가결한 요소이다. 그러므로 安定的인 에너지의 確保는 계속적인 經濟成長 및 福祉向上을 위해 絶對적으로 필요하다.

그러나 에너지의 大宗을 이루고 있는 化石燃料은 매장량의 限界性 때문에 언젠가는 枯渴될 것이 확실하며 1973年의 油類波動 이후 石油價格은 급속히 상승하였고 작년의 이란事態로 말미암은 또 한차례의 油類波動을 겪어야 했으며 우리나라에서도 80年 1월에 대폭적인 類油價格 引上을 단행하였다.

지금도 產油國은 계속 價格引上을 주장하고 있으며 政治的·軍事的 이유로 해서 減產 혹은 斷產을 시도할 가능성이 충분히 있다. 만일 이와 같은 事態가 발생한다면 原油는 값이 아니라 物量을 얼마나 確保할 수 있느냐가 문제가 될 것이다. 이 문제의 深刻性을 알고 있는 세계 여러 나라는 새로운 에너지源의 開發에 활발한 研究를 하고 있다.

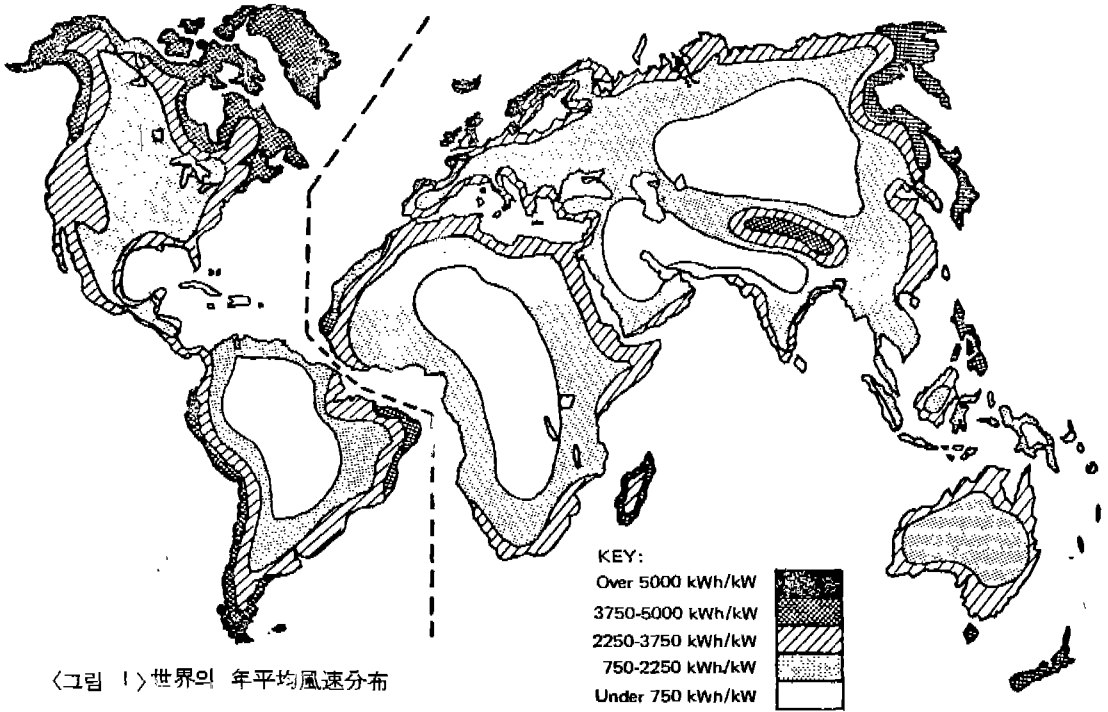
새로운 에너지源의 하나인 太陽에너지는 無公害로서 無盡藏이며 지역적으로 편재되어있지 않고 無料라는 장점으로 인해 장차 有望한 에너지源으로 각광받고 있다.

太陽에너지는 다시 여러가지 形態로 나누어지며 그중 하나가 바람을 이용한 風力資源이다. 바람은 地形的·氣候的인 조건에 영향을 받으나 일반적으로 海岸地方에 많이 분다. 우리나라처럼 三面이 바다이고 더우기 많은 섬을 갖고 있는 地理的 條件에서는 風力の 利用이란 충분히 開發의 價値가 있으며 集中的인 研究가 필요하다.

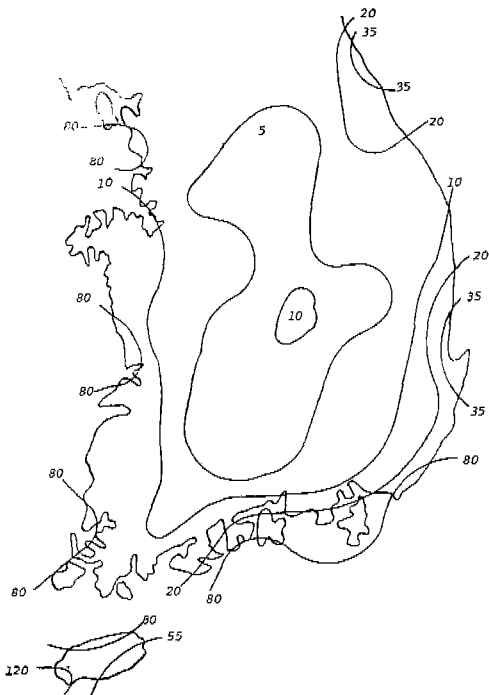
2. 風力資源

太陽에 의한 輻射에너지가 地表面에 도달했을 때 地表面의 條件에 의해 表面 溫度가 달라지면, 달라진 溫度는 大氣의 溫度差를 유발하여 대워진 공기는 위로 올라가고 차가운 공기는 밑으로 내려 오게 된다. 이러한 過程에서 空氣의 흐름이 생기며 바로 이것이 바람이다.

낮에는 햇볕에 의해 陸地가 바다보다 빨리 데워지고 밤에는 빨리 식으므로 海邊가에서는 낮에 바람이 바다에서 陸地로 불고, 밤에는 陸地에서 바다를 향해 분다. 이와 같은 이유로 海岸에서는 비교적 바람이 많이 불고 있다. 이것을 좀더 확장하여 地球에 적용하면 赤道地域은 溫度가 높고 兩極地方은 溫度가 낮으므로 찬 바람이 兩極地方에서 赤道地域으로 불고, 赤道地域에서는 뜨거운 바람이 위로 올라가 氣流를 타고 極地方으로 흘러간



〈그림 1〉世界的 年平均風速分布



〈그림 2〉우리나라의 風力에너지

다.

지역에 따른 風力에너지資源을 計數的으로 精確히 표시한다는 것은 매우 어려운 일이다. 美國의 한 報告書는 美國內의 全 海岸地方 (알라스카 포함)에서 얻을 수 있는 風力에너지가 10°GW(기가와트)로 1980년까지의 美國 에너지消費總量의 30 배에 달한다고 발표하였다.

世界的 年平均風速分布가 〈그림 1〉에 圖示되어 있다. 이 그림을 보면 大陸의 兩極地方 및 海岸地方의 風速이 매우 크며 우리나라는 중간 정도의 풍속권에 속해 있으나 실제로 바람은 地形的인 影響을 많이 받기 때문에 島嶼地方의 風速은 여기 나타난 것보다 크다.

좀더 세밀한 우리나라의 風力資源分布가 〈그림 2〉에 나타나 있으며 數値는 지상 10M에서 測定된 것으로 海岸地方이 높고 內陸地方이 낮음을 알 수 있다.

3. 風車의 歷史

人間이 바람을 에너지源으로 이용한 歷史的 記

錄은 5,000餘年前 나일강 유역에서 돛을 사용한 배의 그림이 가장 오래된 것으로 알려졌으며, 陸地에서 風車로 처음 사용된 것은 垂直軸을 갖고 있는 형태로 기원전 2,000年경에 페르시아地方에서 사용된 것이다. 그후 水平軸 風車로 변하여 지금까지 전해 내려와 현재도 地中海地域에서는 많은 風車を 볼 수 있다.

11세기까지 中東地方에서는 風車が 널리 사용되고 있었으며 13세기에 이 곳에 원정왔던 十字軍에 의해 유럽에 風車が 소개되었다.

유럽에서 風車が 많은 나라는 和蘭으로 19세기에는 9,000개, 20세기에는 2,500개의 風車が 있었으며, 1960년까지 1,000개 정도가 使用되고 있으며 그 중에는 90馬力 정도의 産業用 風車도 있었다.

美國은 19세기 이후 1馬力/미만의 小型風車가 600萬대 이상 세워져 揚水및 發電에 쓰였고 현재도 15萬대 이상이 使用되고 있다. 揚水에 쓰인 風車는 12내지 16피트 직경의 金屬板 날개를 갖고 있으며 기어와 캠에 의해 上下運動을 할 수 있으며 15마일의 風速에서 1/8馬力의 出力으로 分當 35 갤런의 물을 25피트 위로 올릴 수 있다. 美國에서 만들어진 最大의 風車發電機는 1940年代初에 설치된 것으로 直徑 75피트의 두 날개를 갖고 있으며 每分當 28回轉에 1,250KW를 發電해 工場에 電力을 공급하였다.

덴마크에서는 19세기까지 3,000개의 産業用 風車와 30,000개의 家庭用 風車가 있었으며 여기에서 얻어진 電氣는 20萬KW에 달하고 있다. 1910년에는 4 날개형으로 75피트의 直徑을 갖는 風車를 세웠으며 5 내지 25KW의 出力을 나타냈다.

二次大戰後에는 改良된 風車發電機로서 12, 45, 200KW급 出力容量을 갖고 있는 것이 설치되어 1960年代 初까지 사용되었으나 小型 油類發電機에 밀려 發電이 中斷되었다.

蘇聯은 1931년에 100KW급의 風車發電機를 黑海地方에 설치하였으며 그 후 5,000KW 出力의 거대한 風車發電機를 계획하였으나 實現되지는 못하였다.

英國은 1955년에 100KW급 發電機를 설치하였으나 作動上의 問題로 곧 發電이 中斷되었다.

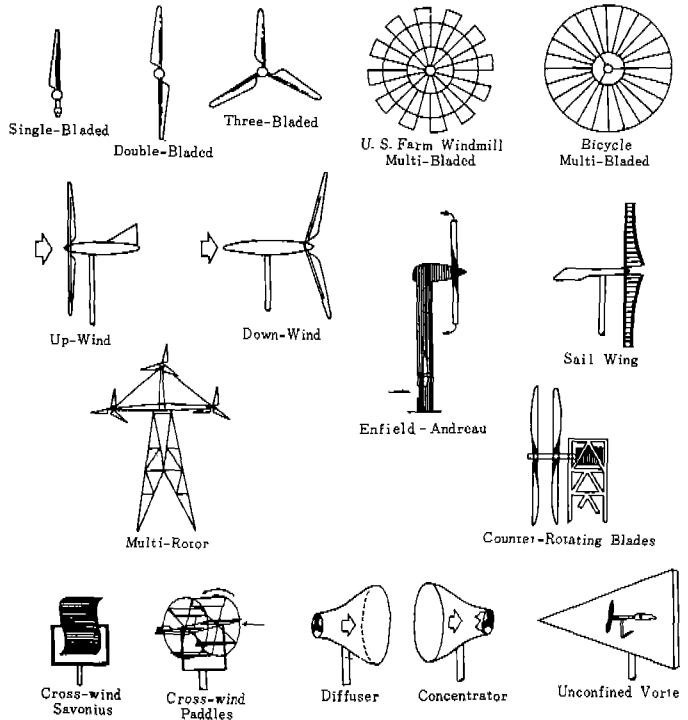
프랑스는 1958년에서 1966년까지 여러개의 大型 風力發電機를 설치, 운영하였다. 그중 파리 부근에 설치되었던 것은 時速 37마일의 風速에서 800KW의 出力을 내었고 南部地方에 설치되었던 것은 조금 작은 것으로 28마일의 風速에서 132KW를 發電하였다.

獨逸은 1957년에 파이버글라스를 이용한 가벼운 날개와 피치 變換에 의해 一定速度를 갖는 風車發電機를 最初로 설치하였으며, 가장 큰 것은 시속 18마일의 風速에서 100KW의 出力을 낼 수 있는 風車로서 1968年 한해에 4,000시간 이상을 作動하였다.

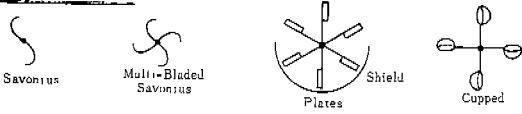
4. 風車의 種類

風車는 回轉軸의 方向에 따라 그림과 같이 分類한다.

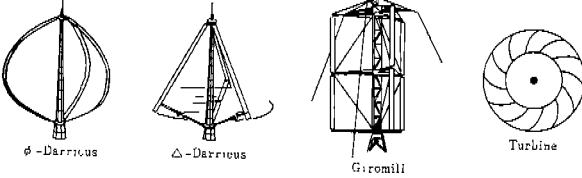
HORIZONTAL AXIS



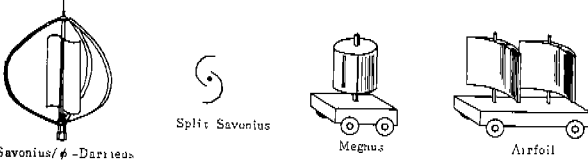
VERTICAL AXIS
PRIMARILY DRAG-TYPE



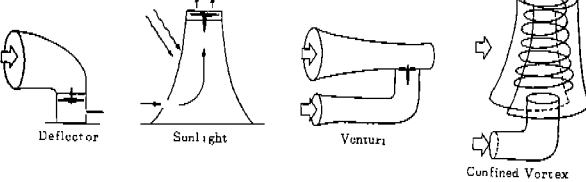
PRIMARILY LIFT-TYPE



COMBINATIONS



OTHERS



(1) 垂直軸 風車

바람의 방향과 回轉軸의 방향이 平行한 것으로 大部分의 風車가 이 分類에 속한다.

(2) 水平軸 風車

回轉軸이 바람의 방향과 地表面에 대해 垂直인 風車를 말한다.

(3) 複合軸 風車

回轉軸이 地表面에 水平이고 바람의 방향과 垂直인 것으로 물레방아가 이 分類에 속한다.

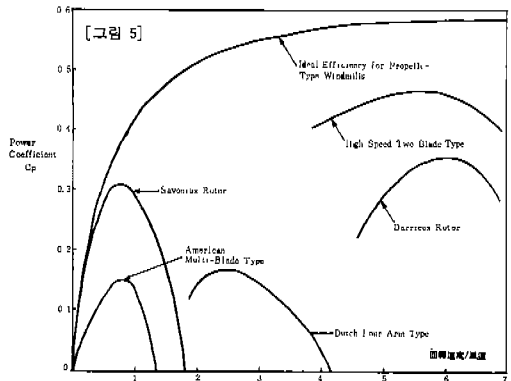
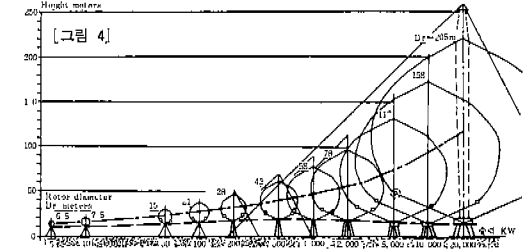
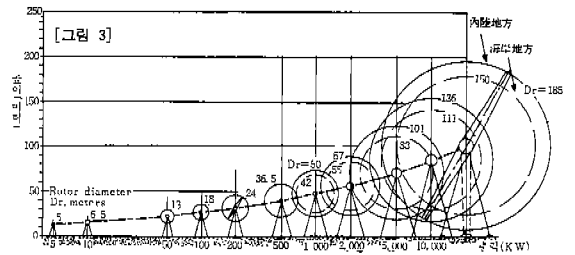
5. 風車의 크기와 出力

(1) 水平軸 風車

〈그림 3〉風速 17마일일 때 水平軸 風車 (THREE-BLADE 型)의 出力

(2) 垂直軸 風車

〈그림 4〉風速 17마일일 때 垂直軸 風車 (다리우



스型)의 出力

(3) 風車의 種類와 效率

〈그림 5〉風速에 따른 각종 風車의 效率

6. 風車의 活用

앞에서 學論한 바와 같이 風車는 오랫동안 營農을 위한 灌溉와 食水供給에 사용되었다. 이러한 目的으로 사용된 風車는 전형적인 水平軸 風車로 그리이스의 크레테섬에는 옛부터 사용된 三角形날개의 風車가 지금도 사용되고 있다. 이 크레테섬의 LASITHI溪谷에는 萬餘個의 風車가 있어 「風車의 溪谷」이라고 불린다.

風車를 이용한 電氣發電도 많이 쓰이고 있으며

同期交流發電機를 돌려 얻어진 交流電氣의 電壓을 昇壓시켜 직접 送電할 수 있고, 또 하나는 直流發電機를 돌려 여기서 얻어진 直流를 직접 直流使用機器와 抵抗을 이용한 電熱器에 쓰거나 蓄電池에 축전시킨 다음 인버터를 이용해서 交流로 變換시켜 사용한다.

그러나 이와 같은 在來式 使用方法으로는 利用에너지가 活用可能에너지에 비해 극히 미약함으로 새로운 活用方法을 開發하여 風力資源 利用率을 높이고자 하는 研究가 활발하다.

이와 같은 研究의 하나로 發電所 貯水池 부근에 바람이 많이 부는 곳을 골라 風車를 설치하여 補助水源池에서 主水源池로 물을 퍼올려 貯水量을 증가 시킴으로써 發電量을 늘이는 方法이 있다. 이것은 바람이 불 때마다 自動的으로 물을 낮은 곳에서 높은 곳으로 올리게 되며 位置에너지를 이용한 一種의 에너지 貯藏方法의 하나이다.

風力은 또한 여러 형태로 사용될 수 있도록 空氣를 壓縮하는데 쓰이며 이 중 하나가 最大電力 사용 중에 發電하는 가스터빈에 응용된다. 여기에 쓰이는 가스터빈은 在來式 가스터빈을 改造하여 COMPRESSOR, GENERATOR, POWER STAGE가 CLUTCH에 의해 연결되어 있어 필요에 따라 風車에 의해 작동되어 空氣를 壓縮하며, 이 壓縮空氣는 金屬容器나 동굴 혹은 다 뽑아 쓴 天然가스空間에 채운다. 평시에는 바람으로 COMPRESSOR를 돌려 空氣를 壓縮하여 계속 貯藏시키고 있다가 基本發電量을 초과하는 最大電力 使用時間 중에는 이 壓縮空氣를 이용하여 發電한다.

7. 에너지의 貯藏

바람에서 얻는 에너지는 1차로 回轉, 振動的의 機械의 에너지이다. 이 機械的의 에너지는 여러가지 형태로 變換할 수 있으나 가장 效果的인 方法은 直接 사용함으로써 에너지變換過程에서 생기는 損失을 막아 利用效率을 높이는 것이다. 그러나 風力은 일정하게 계속 부는 것이 아니기 때문에 부득이 다른 形態의 에너지로 變換시켜 貯藏하게 된다.

에너지 貯藏形態는 電氣化學的의 에너지를 이용한 蓄電方式과 물을 電氣分解해서 얻은 水素를 탱크에 저장하였다가 필요한 경우에 이것을 反應시켜 에너지를 얻을 수 있다. 熱에너지 形態로 저장하는 방법은 機械的의 運動에서 생긴 摩擦熱을 저장하는 것이며 機械的의 에너지 形態의 저장 방법은 플라이휠과 超電導電磁場을 이용하는 것이며 포텐셜 에너지形態로는 揚水와 壓縮空氣를 이용하는 것이다. 이들 貯藏方法에 대한 經濟性 分析이 <表 1>에 나타나 있다.

8. 複合發電 시스템

風力에너지 利用시스템은 단독으로 운영되기보다 다른 에너지와 並行해서 運營될 때 좀더 效果가 크다는 것이 입증되었다. 대부분의 地域에서 바람은 계속 부는 것이 아니고 風速도 數時로 변하기 때문에 風力發電 단독으로 계속적인 에너지

<表 1>에너지 貯藏方式과 經濟性

貯藏방법 내용	축 전 지	수소저장	열	플라이휠	전자 장	양 수	압축공기
적정출력(MWh)	10	10	600	10	10,000	10,000	100
투자액 (\$/KW)	180	300	100~400	400	500~600	200~300	230
예상수명(년)	10~20	30	20	30	30	50	20
분산저장유무	유	유	유	유	무	무	무
효 율	70~80	40~60	높음	80	90~95	70	45

를 공급하려면 열흘 혹은 그 이상의 期間동안 사용할 수 있는 에너지를 貯藏하는 設備을 갖추어야 한다. 이와 같은 貯藏設備을 만드는데 많은 投資가 필요하므로 單獨運營시스템은 非効率的이다. 그러나 다른 形態의 에너지源과 結合해서 사용하면 에너지 貯藏設備에 드는 費用이 節減되므로 經費對 効用效果가 훨씬 커진다. 예를 들면 風力發電과 太陽電池發電을 연결한 複合發電시스템을 생각할 수 있다. 바람은 一般의으로 햇별이 없을 때 불고 햇별이 있을 때 불지 않으므로 이 關係를 이용하여 太陽電池나 太陽熱發電과 複合하여 사용하면 에너지 供給時間이 증가 되므로 에너지 貯藏容量이 충분히 작아질 수 있다.

風力에너지에 관한 관심이 최근에 부쩍 증가되었으며 研究方向 및 資金投資面에서 美國이 가장 앞서고 있다. NASA의 LEWIS RESEARCH CENTER에 MOD-O型이라고 불리는 研究用 風力發電機가 1976年 9월에 설치되어 複合시스템의 形態로 가동되었다. 날개는 직경이 38M의 可變비치型 金屬으로 되어 每分當 40回轉의 일정한 回轉速度를 갖고 있으며 風速이 8 M/sec일 때 10KW의 出力을 낸다. 45:1의 比例기어에 의해 速度를 증가시켜 四極同期 交流發電機에 연결되어 있으며 바람에 의해 날개에 미치는 應力이 예상보다 커서 이를 보완하기 위해 유리섬유날개에 필라멘트線을 감은 가볍고 질긴 날개로 代替하였다. 1977년에는 이를 改良한 2대의 MOD-OA를 設計하여 稼動시켰으며 MOD-O와 같은 直徑을 갖고 있고 出力은 각각 125KW, 200KW이다. 계속하여 MOD-1(直徑 60M, 出力 1,500KW), MOD-2(直徑 60~90M, 出力 1,000~2,000KW)를 계획하여 現在 研究中에 있다.

스웨덴은 알루미늄을 사용한 直徑 15M의 날개로 50KW의 出力을 내도록 設計되어 1977년부터 實驗이 시작되었으며 風力에너지가 經濟性있는 에너지의 하나로 評價되고 있다.

캐나다는 高速垂直軸 風力發電에 꾸준한 研究를

하고 있으며 民間會社에 研究費를 지급하여 商用 風力發電機 開發을 지원하고 있다.

덴마크는 400~600KW의 出力을 내는 風力發電시스템을 設計하여 2개정도가 1979년에 가동될 豫定이며 유틀란드海岸에 있는 TVIND大學을 중심으로 2,000KW級 風力發電을 계획하고 있으며 其間의 설계과정에서 여러번 修正을 하였다.

西獨은 1977년에 風力發電에 관한 研究를 重點的으로 지원할 것이라고 발표하였으며 이에 따라 200KW급 風力發電機를 설계하였고 1978년에는 2,000~3,000KW급을 건설할 計劃이다. 그리고 한편으로는 直徑 5.5M의 小型 다리우스風車도 제작하여 試驗하고 있다.

우리나라는 1974년부터 風力利用에 관한 研究가 시작되어 韓國科學院에서는 京畿道 華成地方에 2 KW급 風力發電機를 제작 설치하여 試驗作動을 하였다. 韓國科學技術研究所에서도 여러개의 小型 風力發電機를 제작하여 그중 일부를 濟洲道에 설치하여 試驗하였으며 1979년에는 風力과 太陽熱을 병행한 複合發電시스템을 위한 基礎研究를 수행하고 있다.

이외에도 여러 나라에서 風力을 이용한 複合發電 시스템에 많은 研究費를 投資하여 시스템 設計 및 開發에 박차를 가하고 있다.

9. 結 言

지금까지 風力利用에 관해 언급하였으나 우리의 最終目標은 風力에너지를 값싸고 便利하게 사용하여 우리 생활에 도움이 되도록 하는 것이다. 우리나라와 같이 많은 섬을 갖고 있는 與件에서는 落島의 電力供給에 응용할 수 있으며, 이미 몇개의 試驗用 發電機가 설치되었으나 본격적인 實用化는 아직 요원하다.

小型風車發電機는 技術的인 問題가 별로 없는 것으로 알려져 있으며 머지 않은 장래에 널리 普及될 展望이다.

