

풍력열변환시스템 성능에 미치는 요인

Some Factors Affecting the performance of Wind-Heat Generation System

김영중* 유영선* 강금춘* 백이* 윤진하*
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원
Y.J. Kim Y.S. Ryou K.C. Kang Y. Baek J.H. Yun

1. 서론

시설하우스 면적증가와 더불어 가온면적의 확대로 시설하우스의 난방유류사용량이 급격히 증가하고 있으며 최근 유류가 상승으로 값싸고 환경오염을 줄일 수 있는 대체에너지의 개발이 절실한 실정이다. 현재 시설하우스, 축사 등에 사용하는 태양열온수난방시스템은 주간의 태양열을 수집하여 야간에 이용하는 방식으로 초기설치비용이 비싸고 효율이 낮은 문제점이 있지만 풍력은 태양에너지와는 달리 24시간 이용 가능한 무한청정자연에너지로 선진외국에서는 풍력이용 연구가 매우 활발하다. 풍력-열변환은 풍력을 전기로 바꾸는 과정없이 직접적으로 압축열 또는 마찰열로 변환시켜 온수 또는 난방열로 이용하는 방식으로 자원이용효율면에서 풍력발전보다 우월하다고 볼 수 있다. 10kW 풍력발전에 필요한 풍속은 3m/sec로 가능하며 열로 직접변환시에는 이보다 더 작은 풍속으로도 가능할 것으로 사료된다. 유압회로와 수직축풍차를 이용한 풍력-열변환 연구에 의하면 1일 평균풍속 8.1m/sec에서 24.19MJ, 4.3m/sec에서 3.59MJ의 적산열에너지가 얻어질 수 있는 것으로 추정되었고 이때 풍력-열변환효율은 68%로 계산되었다 (Mohr 등 1982). 이는 수평축풍차의 이론최대효율 즉 Betz limit 59%를 상회하는 것으로 나타났다. 풍력-마찰열변환 연구결과에 의하면 15kW급 워터브레이크로 67°C의 물 130ℓ를 장기적으로 확보할 수 있었으며 연간 총생산열량은 25,000 kW로 추정되었으며 워터브레이크의 회전수 및 지름과 발생동력에 관한 실험식을 개발하였다 (Matzen 1978). 김 등(2001)은 모터구동 로타가 유체로 채워진 열변환탱크에서 회전하면 마찰열이 유체의 온도를 상승시키는 장치를 제작하여 시험해 본바 동력-열변환율은 62%가 되었고 최대 열교환량은 31,500 ℓ/h로 나타났다고 보고했다.

본 연구의 목적은 풍력이용 온수공급시스템 성능에 미치는 요인으로 로타의 형상, 로타와 스텝의 간격, 유체주입량, 열매체유 등을 선정하여 그 처리효과를 구명하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 풍력-열교환시험장치

Figure 1은 풍력열변환시험장치로 주요부분은 열발생탱크, 열교환기, 모터와 인버터, 순

* 농업기계화연구소

환펌프 및 물탱크로 구성되어 있다. 각부의 제원은 표 1에 표시되어 있다.

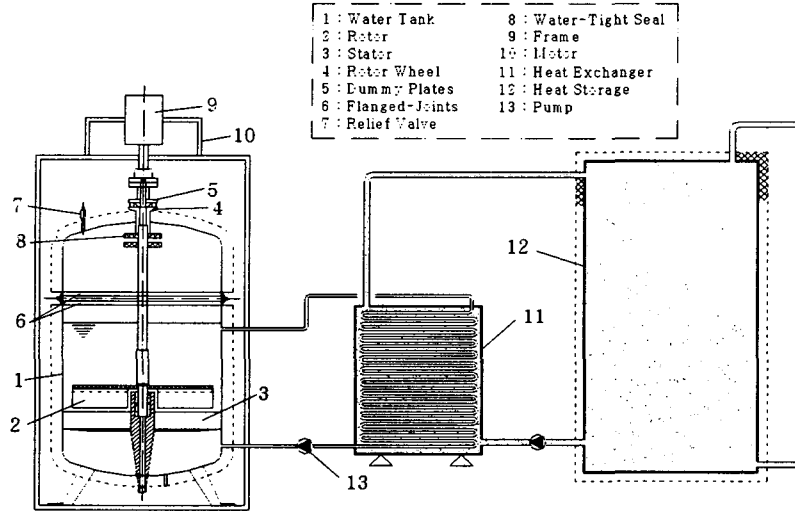


Figure 1. Heat generation and exchange system

Table 1. Specifications of each component in the heat generating system

| component | | size and dimension (mm) | remark |
|--------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| heating part | axle | $\Phi 35 \sim 40$ | revolving power → friction energy |
| | heat generator | $\Phi 480 \times L665$ | |
| | rotor | 350×6 | |
| | stator | 360×8 | |
| driving part | motor | 18.5kW | variable |
| | inverter | 0~1000Hz | |
| heat exchange part | flat plate type heat exchanger | 20,000kcal/hr | water and viscous fluid |

열발생원리는 열발생탱크(heat generator) 내부에 위치한 모타직결 로타와 스텟이 회전 하면서 주위의 유체와 마찰에 의해 열을 발생시키는 구조로 되어 있다. 발생된 열은 순환 펌프에 의해 열교환기로 이동하고 물탱크에서 유입되는 물과 열교환이 일어난다. 본 시험 에서는 열교환기에서 나오는 온수는 열저장조에 저장하지 않고서 연속적으로 폐기시켰다.

나. 실험설계

본 요인시험에서 독립변수는 유체의 종류 및 주입량, 로타의 형상, 로타와 스텟의 간격이 며 종속변수는 열교환량이다. 표 2는 각 요인과 그 수준을 나타낸다, 각 처리에 따라 유체의 온도는 T 타입 서모커플로 측정하여 다점온도기록계에 10초 단위로 저장하고 모타의 회전

수는 인버터로 조정하면서 레이저타코메타로 확인하였으며 소비전력은 3상전력분석계로 측정하였다. 열교환기로 순환하는 순환수량은 유량조절밸브로 조정하면서 초음파유량계로 측정하였다..

Table 2. Factors investigated in this experiment that affect on the heat amount generated in the experimental set-up

| factor | level | remark |
|-----------------------------------|-------|---|
| kind of friction fluid | 2 | A oil: 136.8cSt@40℃ B oil: 1000cSt@40℃ |
| amount of fluid | 3 | 70, 90, 110 l |
| kind of rotor | 3 | impeller design (R1, R2, R3) |
| interval between rotor and stator | 3 | 5, 15, 25mm |

로타의 형상은 그림 에 보는 바와 같이 임펠라의 형상이 약간씩 다른 3종류로 제작하였다.

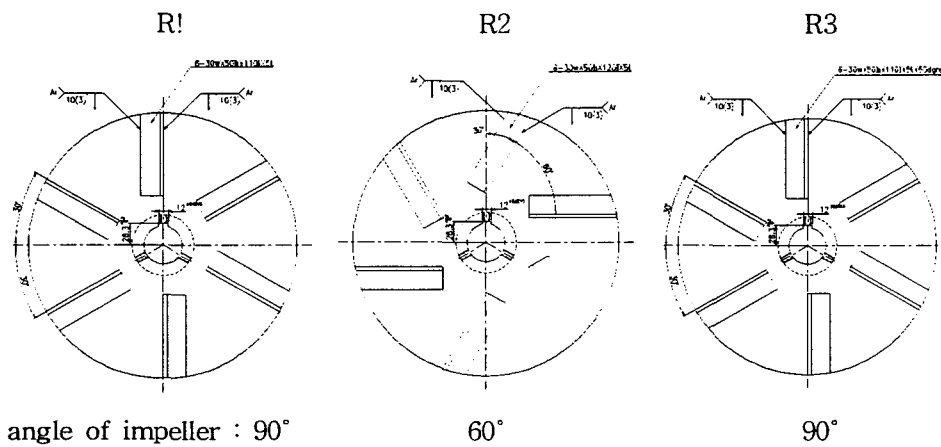


Figure 2. Three type of impeller tested in this study

3. 결과 및 고찰

가. 각 처리에 따른 열교환량

그림 3-1과 3-2는 가가 처리에 따른 열교환량을 나타낸다. 열교환량이란 열발생소에서 모터의 구동으로 로타가 유체와 마찰하면서 유체가 취득한 열량을 열교환기에서 물과 열교환이 이루어져 발생하는 열량이다. 그림 상단부에 표시된 사항은 처리조합을 나타낸다.

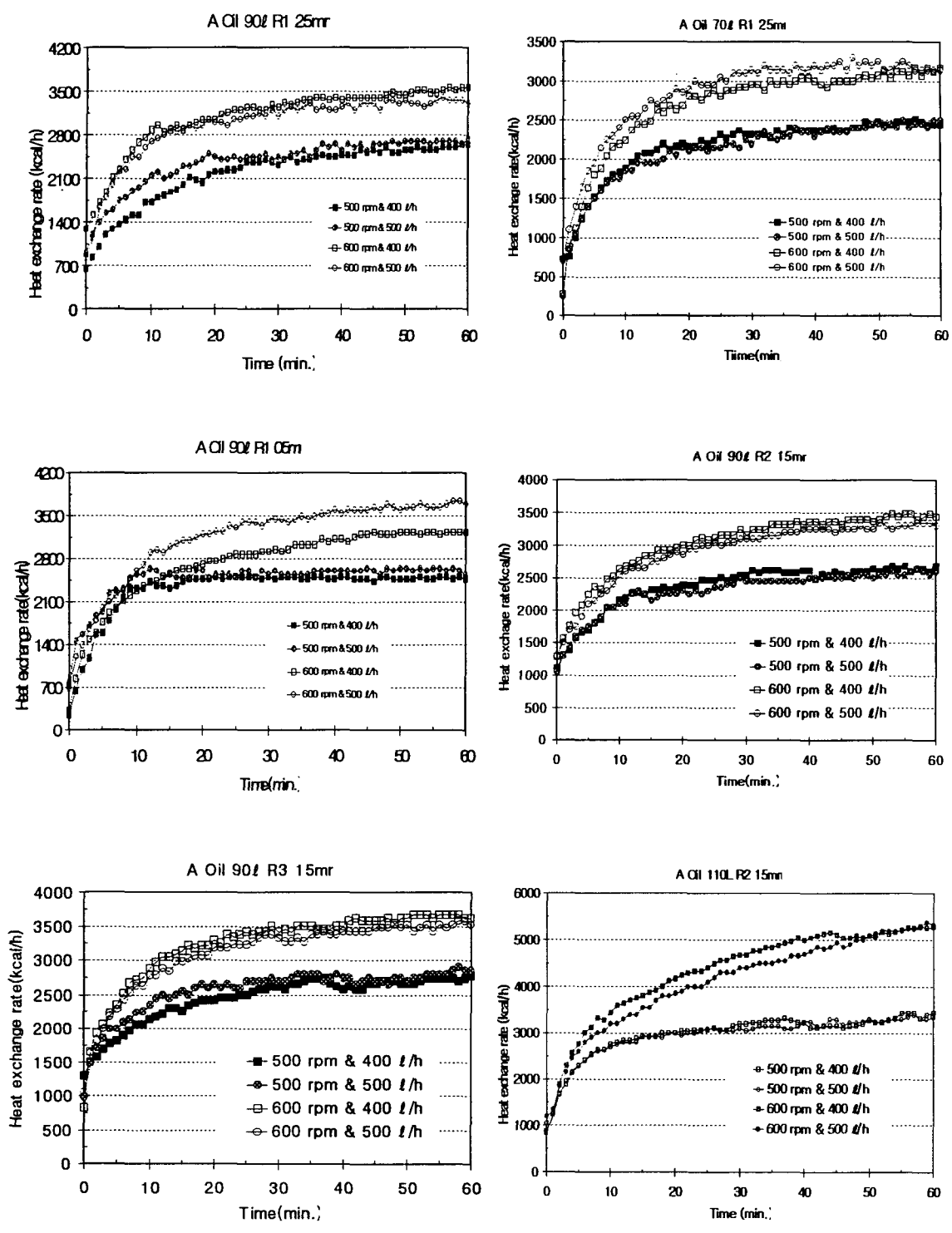


Figure 3-1. Heat exchange rate at the different treatment combination

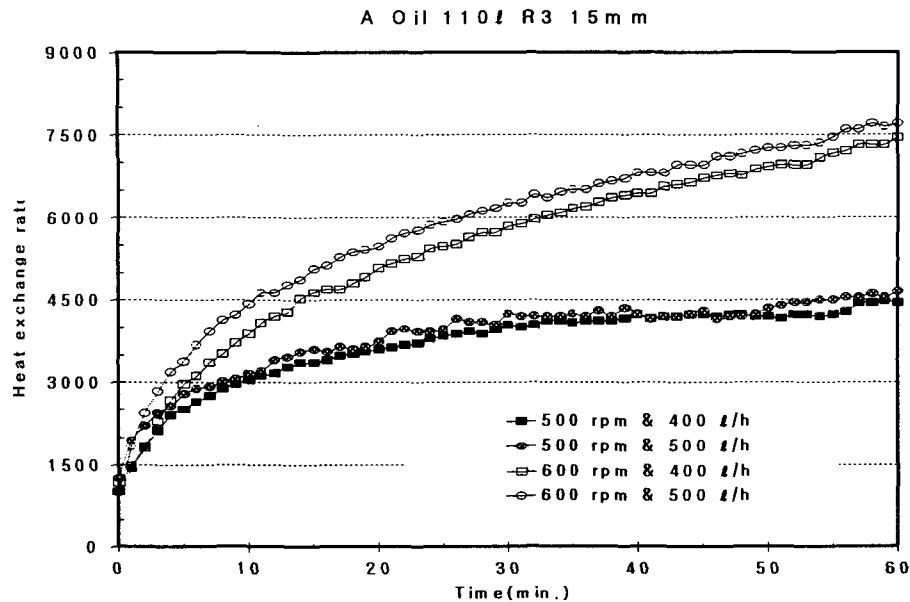


Figure 3-2. The best heat exchange rate of the different treatment combinations

모터의 회전수와 열교환기를 순환하는 순환수량은 작년에 (김 등, 2001) 수행했던 연구결과를 참고해 정하였다. B오일은 점도가 너무 높아 열변환탱크 주입 등 취급이 곤란해 적절한 데이터를 얻을 수 없었다. 전체적인 경향을 살펴보면 유체주입량이 열교환량에 결정적인 역할을 한다는 것을 알 수 있었다. 최고의 열교환량이 이루어졌을 때 처리조합은 R3로타, 유체주입량 110ℓ, 로타-스택 간격 15mm, 유체는 A오일로 로타회전수 600rpm 순환수량 500ℓ/h에서 열교환을 시킬 때 물이 얻은 열량은 7,800kcal/h로 나타났으며 이때 열변환효율은 68%로 나타났다.

유체주입량 110ℓ는 열발생조에 최대높이에 이르도록 가득 채운 것으로 볼 수 있다. 로타가 고속으로 회전하면 원심력에 의해 유체는 위로 상승하면서 열발생조의 벽면으로 물리게 되는 것을 관찰할 수 있었으며 따라서 로타와 마찰하는 유량이 상당히 줄어들고 마찰열발생이 작아질수 밖에 없다. 이를 열발생탱크설계면에서 본다면 열발생탱크의 직경보다는 높이를 크게하고 유체를 최대높이까지 주입하면 열변환효율을 극대화할 수 있으리라 사료된다.

나. 처리효과에 대한 통계분석

각 요인에 대한 효과를 분석하고자 다음과 같은 통계분석모델을 만들었다.

$$(\text{열교환량})_{ijk} = (\text{유체주입량 효과})_i + (\text{로타효과})_j + (\text{간격효과})_k + (\text{오차})_{ijk}$$

통계분석은 SAS GLM (Generalized Linear Model)을 사용하였다. PROC GLM에 의해 나온 분산분석표가 아래와 같이 도출되었다 (표 3).

Table 3. Statistical analysis of the factors affecting the heat generation system

| factor | df | SS | MS | F value | Pr > F |
|--------------|----|----------|---------|---------|--------|
| fluid amount | 2 | 15801071 | 7900535 | 26.12 | 0.13 |
| rotor type | 2 | 42500 | 21250 | 0.07 | 0.93 |
| interval | 1 | 62500 | 62500 | 0.21 | 0.72 |

(Model : Pr > F = 0.23, R² = 0.98)

SAS GLM에 의한 통계모델의 정확도는 F=0.23으로 나타났고 R² 는 0.98로 표시되어 선정된 모델의 유의성 수준은 23%로 나타났다. 각 요인효과에 대한 유의성수준은 유체주입량이 13%로 가장 높았다고 볼 수 있으며 로타형상이나 간격 요인은 열교환량에 크게 기여하지 못하는 것으로 나타났다. 이는 그림 3-1에서도 확인되는 사항이다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서 열발생탱크, 모터, 로타와 스텝, 순환펌프, 열교환기로 구성된 풍력-열변환시스템을 제작하여 열교환에 미치는 몇 가지 요인에 대하여 시험하였다. 주요결과는 다음과 같다.

- 가. 풍력열교환시스템은 발열부, 구동부, 열교환부로 구성하였다.
- 나. 열교환성능시험에서 열교환에 미치는 요인은 유체주입량 3수준, 점성유체의 종류 2수준, 로타의 줄류 3수준, 로타와 스텝의 간격 3수준으로 정하여 열교환시험을 하였다.
- 다. SAS GLM procedure를 사용하여 열교환량에 대한 각 처리의 효과에 대해 조사해본바 유체주입량이 열교환량에 가장 큰 영향을 미친다는 것을 발견했다.
- 라. 최고열교환량은 처리조건 R3 로타, 유체주입량 110 L, 로타와 스텝의 간격 15mm, A 오일에서 발생했으며 7,800kcal/h 가 되었다.
- 마. 열변환효율을 극대화하려면 열발생탱크의 직경보다는 높이를 크게 하고 유체를 최대 높이까지 주입하는 것이 바람직하리라 사료된다.

5. 참고문헌

- 가. 김 영중, 유영선, 강금춘, 백이, 윤진하, 이건중. 2001. 유체마찰에너지를 이용한 풍력 열발생조의 | 성능분석. 한국농업학회지 제 26권 3호. pp. 263-270
- 나. 산업자원부, 에너지관리공단. 2000. 대체에너지기술 세미나
- 다. Mohri, K, S. Umeda, T. Terada. 1982. Heat energy conversion system of wind power (일본)농업기계학회지 45권 1호
- 라. Matzen R. 1978, Wind energy- Heat generation. Second International Stmposium on WIND ENERGY SYSTEMS.