

# 열회수장치의 열교환 파이프배치형식별 열교환 성능 비교(II)

## Comparision of Heat Exchanging Performance Depending on Different Arrangement of Heat Exchanging Pipe (II)

서 원 명 · 강 종 국\* · 윤 용 철(경상대) · 김 정 섭(영신물산)

Suh, Won Myung · Kang, Jong Guk · Yoon, Yong Cheol · Kim, Jung Sub

### Abstract

This study was carried out to improve the performance of heat recovery device attached to exhaust gas flue connected to combustion chamber of greenhouse heating system. Three different units were prepared for the comparison of heat recovery performance; AB-type(control unit) is exactly the same with the typical one fabricated for previous study of analyzing heat recovery performance in greenhouse heating system, other two types(C-type and D-type) modified from the control unit are different in the aspects of airflow direction(U-turn airflow) and pipe arrangement.

The results are summarized as follows;

1. In the case of Type-AB, when considering the initial cost and current electricity fee required for system operation, it is expected that one or two years at most would be enough to return the whole cost invested.

2. Type-C and Type-D, basically different with Type-AB in the aspect of airflow pattern, are not sensitive to the change of blower capacity with higher than 25 m<sup>3</sup>/min. Therefore, heat recovery performance was not improved so significantly with the increment of blower capacity. This is assumed to be that air flow resistance in high air capacity reduces the heat exchange rate as well. Never the less, compared with control unit, resultant heat recovery rate in Type-C and Type-D were improved by about 5% and 13%, respectively

3. Desirable blower capacity for these heat recovery units experimented are expected to be about 25 m<sup>3</sup>/min, and at the proper blower capacity, U-turn airflow units showed better heat recovery performance than control unit. But, without regard to the type of heat recovery unit, it is recommended that comprehensive consideration of system's physical factors such as pipe arrangement density, unit pipe length and pipe thickness, etc., are required for the optimization of heat recovery system in the aspects of not only energy conservation but economic system design.

## I. 서 론

우리 나라 시설원예의 난방시스템으로는 온수난방, 증기난방, 태양열난방, 히트펌프난방 등 다양한 시스템들이 있다. 그 중에서 온풍난방시스템은 화석연료를 연소열로 변환시켜 온실난방에 사용하는 방법으로써 공기를 직접 열매체로 이용함으로써 공기의 온도상승이 빠르고 난방기의 열효율이 높고 설치비가 저렴하여 우리 나라 온실난방의 대부분을 차지하고 있다.

온풍난방기는 경유용 난방기가 대부분을 차지하고 있으며 열효율은 80~90% 정도로 비교적 높으나 10~20% 연소열은 연통을 통해 외부로 방출된다.

본 연구에서는 온실의 난방에 사용되는 열풍식 난방기 등의 배기연통에 부착하여 배출되는 가스로부터 열을 회수할 수 있는 장치를 개발함에 있어서 연통과 열회수 장치간의 열교환 성능을 3가지 상이하게 설계된 열교환 장치에 대해서 실험적으로 비교 분석하였다.

## II. 실험장치 및 방법

### 1. 배기열 회수 시스템

본 연구의 기본구성은 그림 1.에서 보는 바와 같이 LPG가스 연소실 및 연소실에 수직으로 설치된 연통과 연통에 연직방향으로 열교환 파이프가 배치된 열회수기와 열회수기로 외부공기를 흡입 또는 유출시키는 송·배풍기로 구성되어있다. 열회수기에 사용한 송·배풍기는 실제 온실에서 사용하는 것과 동일한 42m/min의 송풍기(DSB250, 동건공업(주))를 사용하였으며 연소실의 온도는 열회수장치의 사용 안전범위인 400℃를 초과하지 않도록 하였으며 LPG 사용량은 디지털 저울을 이용 1분간격으로 측정하였다. 온도의 측정은 연소실, 열회수기 통과 후 연통, 열회수기 유·출입부 등에 센서를 설치하여 온도를 측정하였으며 측정값은 Data logger(10K2)에 저장하여 분석하였다. 외부 온도는 실험 장치에서 5m정도 떨어진 백엽상내의 건·습구 온도를 사용하였다. 열회수기유출부의 풍속은 동일직경의 덕트를 약 1.3m정도 연장하여 덕트 끝에서 30cm정도 내측에서 열선풍속계(6511, KANOMAX)를 이용하여 측정하였다.

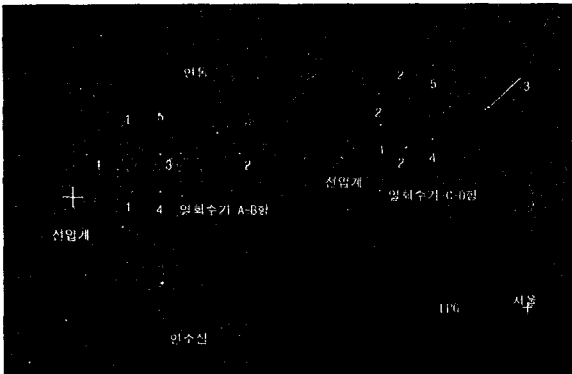


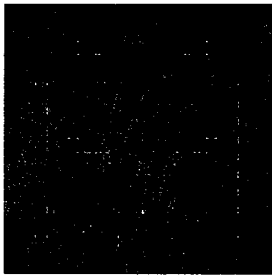
그림 1. 실험 장치 및 센서 배치도

### 2. 각 열회수기 제원 및 단면도

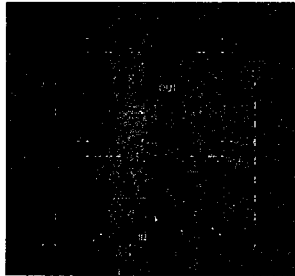
각 열회수기는 외부공기의 진행방향이 직선형인 A-B형과 외부공기의 진행방향이 U 턴형인 C형 및 D형으로 열회수기의 재질은 스테인리스 스틸이며 각각의 제원은 표 1.과 같다. 각 열회수기의 단면은 그림 2와 같으며 열회수기 A-B형의 경우는 공기를 송풍기를 통해 전체 파이프에 유입시키는 형식이며 열회수기 C형 및 D형의 경우는 배풍기를 이용 아래쪽 파이프들로부터 유입된 공기를 위쪽 파이프에 유출시키는 형식으로 되어있다.

표 1. 파이프배열 형식별 열회수기 제원

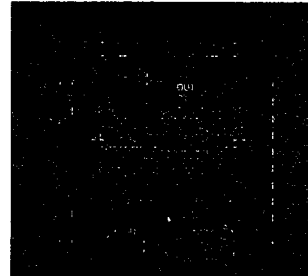
열교환파이프배열 형식	A-B형	C형	D형
파이프 내경 (mm)	38	38	38
파이프 단위길이 (mm)	420	420	420
파이프 개수	32	32	40
파이프 총진열 면적(m <sup>2</sup> )	1.60	1.60	2.01
열회수기 표면적 (m <sup>2</sup> )	1.41	1.13	1.13
공기 진로	직선형	U-턴형	U-턴형



(a) A-B형 열회수기



(b) C형 열회수기



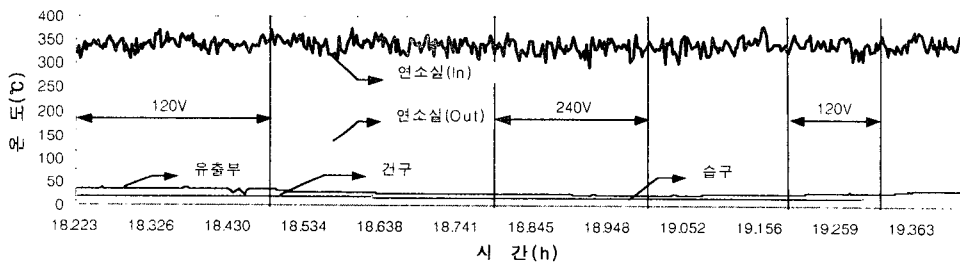
(c) D형 열회수기

그림 2. 각 열회수기 단면도 (단위:mm)

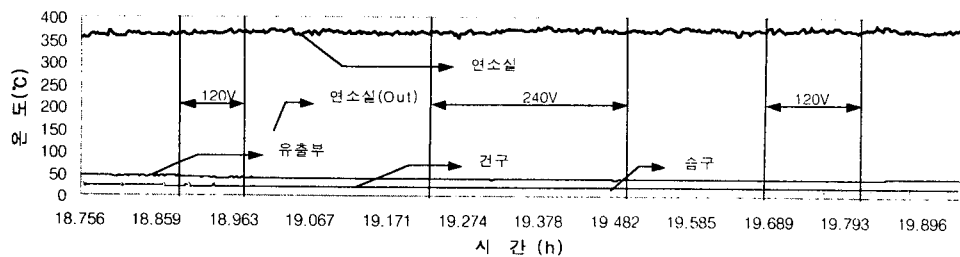
### III. 결과 및 고찰

#### 1. 각 열회수기별 온도변화

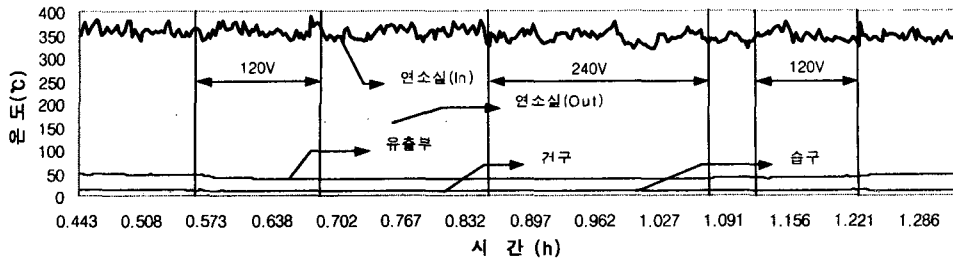
그림 3 (a),(b),(c)는 지난 4월 9일부터 4월 21일 까지 A·B형과 C형 및 D형 열회수기에서 서로 다른 풍속하에서 온도변화를 도시한 것이다



(a) A-B형 열회수기 온도변화



(b) C형 열회수기 온도변화



(c) D형 열회수기 온도변화

그림 3. 각 열회수기의 경시적 온도변화

그림 3에서 송풍전압을 변화시켰을 경우 유출공기의 온도가 변화함을 볼 수 있다. 유출부의 공기 온도는 각각의 열회수기에서 송풍전압별로 동일풍량하에서는 일정한 양상을 보인다. 그리고 A-B형에 비해 상대적으로 C형 및 D형의 유·출입공기간의 온도 변화가 큰 것으로 나타났다.

## 2. 열회수 성능

유입공기의 진로가 직선형인 열회수기 A-B형의 경우 120V에서보다 240V의 전압에서 풍량이 약 93%정도 증가하였으나 C형과 D형의 경우는 전압변화에 대해 풍량이 각각 약5%와 8%의 증가를 보였다. 이것은 C과 D형의 경우 공기의 흐름이 180°전환됨으로서 저항이 증대되어 풍량변화가 적은 것으로 보인다. 표 2는 열교환 파이프 형식별 열교환 성능을 분석한 것이다. 동일 송풍전압 240V에서 공기흐름이 직선인 A-B형의 경우가 공기흐름이 U-턴형인 C과 D형의 경우보다 풍량은 70%~90%정도 크게 나타났으며 유·출입부 온도차는 A-B형에 대해 C과 D형의 경우 약 2.3배에서 3.1배정도 크게 나타났다. 이것은 외부공기의 풍속이 줄어 상대적으로 열교환 파이프에서 열교환량이 많아졌기 때문인 것으로 보인다. 하지만 열교환 파이프에 한 실질적인 회수열량을 산정해보면 A-B형의 경우에 비해 C형의 경우 약 5%, D형의 경우 약 13%정도 높은 것으로 나타났다.

표 2. 열교환 파이프형식별 열교환 성능분석

열교환 파이프 형식	데이터 명 (월일 시)	송풍전압 (V)	풍 량 (m <sup>3</sup> /s)	LPG 연소율 (kg/h)	(1)LPG 발열율 (kJ/h)	주변공기		T2 (°C)	h2 (kJ/kg)	h1 (kJ/kg)	파이프 열회수율 (2)Q1-2 (kJ/h)	파이프 열회수효율 (%) (2)/(1)×100
						건 구 (°C)	습 구 (°C)					
A-B	828_15.7	120	0.2086	1.68	77,826	31.9	27.8	81.2	140.5	89.69	27,776	35.7
	828_15.9	240	0.3485	1.59	73,657	31.5	27.5	63.4	124	88.31	33,939	46.1
	421_19.2	120	0.2308	0.72	33,354	16.0	13.5	30.5	52.80	37.94	14,867	44.6
	421_18.8	240	0.4468	0.72	33,354	17.6	14.2	24.9	47.27	39.78	14,427	43.3
C	409_18.9	120	0.2160	0.73	33,910	22.6	14.2	40.6	58.03	39.66	16,874	49.8
	409_19.2	240	0.2259	0.73	33,910	21.9	13.9	38.5	55.81	38.86	16,317	48.1
D	410_0.6	120	0.2406	1.02	47,251	13.5	10.3	37.6	54.56	29.97	25,960	54.9
	410_0.9	240	0.2602	0.96	44,472	13.5	10.1	35.9	52.33	29.50	26,077	58.6

T2: 유출부 온도, h2: 유출부 공기 엔탈피, h1: 유입부 공기 엔탈피

## IV. 결 론

1. A-B형 열회수시스템의 경우, 초기 투자비용과 현재의 농용 전력요금하에서 대체로 1년을 전후하여 투자에 대한 보상이 충분한 것으로 판단된다.

2. C형 및 D형 열회수시스템의 경우, 열 회수용 공기 흐름방향이 180 ° 굴절로 저항이 크게 발생되어 송풍팬의 전압 증가에 따른 유속 증가가 미미하며 동일한 열 교환면적에서는 송풍팬의 공기저항 증대로 열 회수 성능이 현저히 개선되지는 못했지만, 직선형보다 C형의 경우 약 5%, D형의 경우 약 13%정도 높은 열 회수효율을 보였다.

3. 송풍팬의 용량은 AB-형에 사용된 용량인 25m<sup>3</sup>/min 전후가 적절할 것으로 판단되며, 적정 송풍팬 용량 하에서 열회수성능은 U-턴형이 직선형보다 효과적인 것으로 나타났다. 다만, U-턴형은 물론 직선형에서도 열교환 파이프의 배치밀도, 파이프 길이 및 두께 등의 변화에 따른 최적화 연구가 수반되어야 할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 김영중, 이건중, 신정웅, 유영선, 장진택. 1999. 온풍난방기의 배기열을 이용한 지중난방용 온수시스템 개발. 한국생물환경조절학회 학술발표논문집 8(2). p.100-103.
2. 윤진하. 1998. 시설원에 에너지 기술현황 및 발전방향. 한국시설원예연구회. p.27-50.
3. ASHRAE Handbook Application편, 1995 - 1998. Air-to-Air Energy Recovery.
4. 서원명, 강종국, 윤용철, 김정섭. 2000. 열회수장치에 의한 열교환 성능 분석. 한국농공학회 학술발표회 발표논문집 p.333-339