

건물 옥상외기와 실내배기를 활용한 풍력발전시스템 적용 연구

A Study on the Application of a Wind Power Generation System Using Outdoor Air on the Rooftop and Indoor Ventilation

이용호* · 박진철** · 황정하***†

Lee Yong-Ho*, Park Jin-Chul** and Hwang Jung-Ha***†

(Submit date : 2013. 11. 20., Judgment date : 2013. 11. 22., Publication decide date : 2014. 1. 14.)

Abstract : This study proposed a wind power generation system utilizing outdoor air on the rooftop and indoor ventilation, which would increase according to the building height, as a way to help to save energy consumption in a building by using wind power energy of the new renewable energy sources. The study measured the distribution of air currents and power generation according to the usage factor of exhaust pipes in the kitchen and bathroom and identified the elements to consider when applying a wind power generation system to buildings in order to use outdoor air on the rooftop increasing according to the height and the indoor ventilation produced in the facility vertical shafts inside the buildings by installing a wind power generation system on the rooftop.

(1) The study measured the ventilation velocity of the kitchen hood and bathroom ventilation fan by changing the zone areas by the households according to the usage factor of $[a]=33\sim 100\%$. As a result, the kitchen ventilation pipe generated the ventilation wind of 3.0% or more at the usage factor of $[a]$ 66% or higher, and the bathroom ventilation pipe generated ventilation velocity lower than 3.0% , the blade velocity of the wind power generator, even after the usage factor rose to $[a]=100\%$.

(2) As the old bathroom ventilation pipe generated the ventilation velocity of 3.0% , the blade velocity of the wind power generator, even with the rising usage factor $[a]$, the application of an outdoor air induction module increased the ventilation velocity by 2.9% at the usage factor of $[a]=33\%$, 3.8% at the usage factor of $[a]=66\%$, and 3.6% at the usage factor of $[a]=100\%$. Thus the ventilation velocity of 3.0% , the blade velocity of the wind power generator, or higher was secured.

(3) The findings prove that the applicability of a wind power generation system using outdoor air on the rooftop and indoor ventilation is excellent, which raises a need for various efforts to increase the possibility of its commercialization such as securing its structural stability according to momentary gusts on the rooftop and typhoons in summer and making the structure light to react to the wind directions of outdoor air on the rooftop according to the seasons.

Key Words : 건물옥상외기(Rooftop outdoor air), 실내배기(Room exhaust), 배기겸용풍력발전(Wind Power Combined Ventilator), 기류측정(Measurement of flow), 발전량측정(Generation measurement)

***† 황정하(교신저자) : 경북대학교 건축토목공학부
E-mail : peter@knu.ac.kr, Tel : 054-530-1375

*이용호 : 경북대학교 건축토목공학부

**박진철 : 중앙대학교 건축학부

***† Hwang Jung-Ha(corresponding author) : School of Architecture & Civil Engineering, Kyungpook National University.
E-mail : peter@knu.ac.kr, Tel : 054-530-1375

*Lee Yong-Ho : School of Architecture & Civil Engineering, Kyungpook National University.

**Park Jin-Chul : School of Architecture & Building Science, Chung-Ang University

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

최근 도시지역 주거형태는 인구집중과 지가상승에 따른 과밀화 문제 해결을 위하여 고층 공동주택의 건립이 증가하고 있다. 그러나 고층 공동주택은 일반 건물에 비해 에너지 소비가 높아 에너지 절약에 대한 대책이 반드시 필요함에 따라 에너지 소비절약 일환으로 신재생에너지시스템 적용을 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다.

이에 본 연구도 신재생에너지원 가운데 풍력에너지를 활용한 건물 에너지절약 방안으로 건물 높이에 따라 증가하는 옥상외기와 실내배기를 활용하는 풍력발전시스템을 제안하며, 건물 옥상에 풍력발전시스템을 설치하여 높이에 따라 증가하는 옥상외기와 건물내부에 설치된 설비용 수직샤프트에서 발생하는 실내배기를 풍력발전에 이용하고자 주방·욕실 배기구의 동시사용률에 따른 기류분포 및 발전량을 측정하여 풍력발전시스템의 건물 적용을 위한 고려요소를 도출하였다.

1.2 연구방법 및 범위

본 연구는 건물 옥상외기와 실내배기를 이용한 풍력발전시스템 측정실험 연구로서, 연구방법 및 범위는 다음과 같다.

- (1) 건물 높이에 따라 증가하는 옥상외기와 주방·욕실 배기구에서 발생하는 실내배기를 활용하기 위하여 외기유인모듈과 발전기 회전체로 이루어진 풍력발전시스템을 제안한 후, 기본모델(Prototype)을 제작하였다.
- (2) 제안된 풍력발전시스템의 성능을 평가하기 위하여 18층(52.5m)높이 공동주택을 대상으로 옥상외기와 주방·욕실 배기구의 동시사용률에 따른 배기풍속을 측정 후, 욕실 배기구 상부에 외기유인모듈과 발전

기회전체를 설치하여 기류분포와 발전량 측정실험을 실시하였다.

- (3) 기류분포 측정실험은 주방·욕실 배기구의 동시사용률에 따른 배기풍속을 측정하여 풍력발전을 위한 블레이드 가동풍속 확보 가능성을 검토한 후, 기존 욕실배기구에 외기유인모듈을 설치하여 외기유인을 통한 배기풍속 증가효과를 분석하였다.
- (4) 발전량 측정실험은 옥상외기와 기존 욕실 배기구 발전량과 외기유인모듈 및 발전기 회전체 적용시 동시사용률에 따른 발전량을 측정하여 풍력발전시스템 적용을 위한 고려요소를 도출하였다.

2. 풍력발전시스템 제안과 건물적용에 따른 측정실험

2.1 풍력발전시스템 제안

본 연구에서 제안하는 풍력발전시스템은 아래 Fig. 1과 같이 건물 높이에 따라 증가하는 수평방향의 옥상외기를 외기유인모듈을 통하여 주방·욕실 배기구 내부로 유인한 후, 수직방향의 실내배기와 혼합 상승시켜, 증속된 기류가 배기구 상부에 설치된 풍력발전기¹⁾의 블레이드를 구동시켜, 일정량의 전기에너지를 생산하는 개념으로 설계·제작되었다.

외기유인모듈은 발전기 블레이드의 회전반경을 고려하여 높이 320mm의 집풍유닛을 4단으로 적층하는 방식으로 제작되었다. 또한, 옥상층 주방·욕실 배기구의 환경을 고려하여, 하부는 Ø500mm, 상부는 Ø400mm 크기로 제작하여 베츨리효과로 인한 배기풍속의 증가를 유도하며, 건물옥상형태와 배기구 주변 구조체

1) 본 연구에 적용된 풍력발전기는 (주)하이에너지 코리아의 300W 다리우스식 풍력발전기(D-300)로 블레이드 가동에 필요한 최소풍속은 3.0%이다.

및 계절에 따른 외기풍향 변화를 고려하여 360° 회전이 가능한 발전기회전체로 구성되었다.

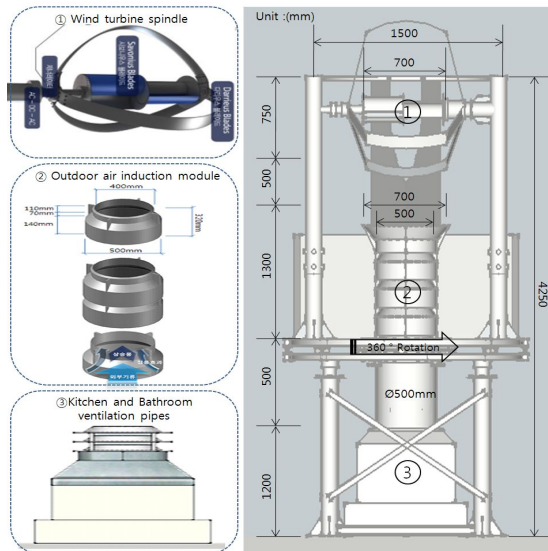


Fig. 1 The prototype of a wind power generation system

2.2 건물적용에 따른 측정실험

제안된 풍력발전시스템의 성능평가를 위하여 Table 1과 같이 18층(52.5m)높이 178세대 규모의 공동주택을 대상건물로 선정하였다.

Table 1 The size of the subject building and the current state of its facility shafts

Scale the building	Vertical shaft installations	
	Floors(F)	2~18
	Height(m)	52.5
	Household(Unit)	178
	Kitchen(Ea)	6
	Bathroom	6
	Bedroom	6
	(Ea) Living room	6
	Rooftop exhaust pipe diameter (mm)	Ø 500
	Household exhaust pipe diameter (mm)	Ø 150

선정된 대상건물의 설비용 수직샤프트는 Fig. 2와 같이 각 세대별 환기를 위한 주방배기

구 1곳과 침실의 욕실배기구 1곳 및 거실의 욕실배기구 1곳이 존재하며, 이 가운데 주방배기구와 거실에 위치한 욕실배기구를 대상으로 외기유인모듈과 발전기회전체를 설치하여 동시사용률[a]에 따른 기류분포와 발전량 측정하였다.

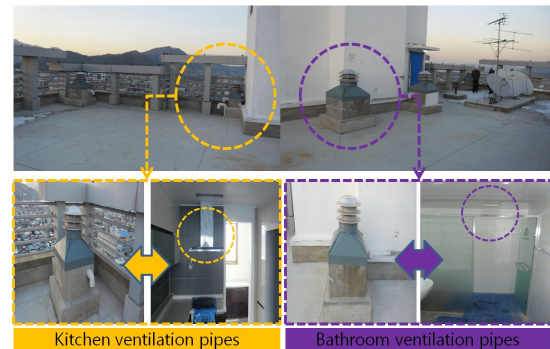


Fig. 2 The current state of the kitchen and bathroom ventilation pipes on the rooftop of the subject building

2.3 기류분포 및 발전량 측정실험 조건

기류분포 및 발전량 측정을 위하여 Fig. 3과 같이 대상건물 옥상에 외기풍속과 풍향 측정을 위한 기상장치를 설치하였으며, 주방·욕실 배기구 내부 3지점(①하부, ②좌측, ③우측)과 외기유인모듈 내부 3지점(④하단, ⑤중단, ⑥상단)층 6지점에 다점풍속센서를 설치하여 기류분포를 측정하였다.

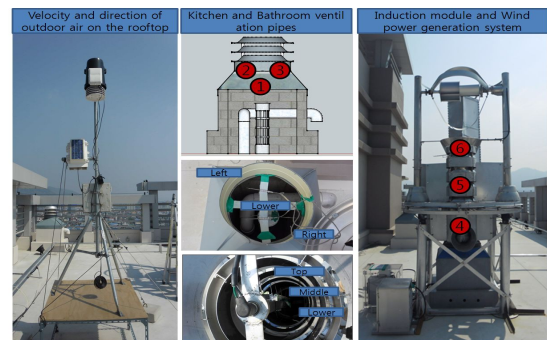


Fig. 3 Outdoor air on the rooftop, the kitchen and bathroom ventilation pipes, and measuring points of the outdoor air induction module

Table 2 The variables and setting conditions of the measuring experiment

Experimental parameters		Setting conditions							
Exhaust air volume variable	Kitchen	*[Ss]:3.7 ^{m/s}	430 ^{CMH}		Number of operations 02~18F				
		*[Ms]:5.3 ^{m/s}	520 ^{CMH}						
		*[Hs]:7.4 ^{m/s}	610 ^{CMH}						
	Bathroom	*[Bs]:1.2 ^{m/s}	90 ^{CMH}						
Usage factor variable	Zone	α [%]		33%			66%		100%
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
	Z3 (13~18F)			●	●		●	●	
	Z2 (07~12F)	○			○	○		○	
Z1 (02~06F)	○				○	○	○		
Induction module variable	Exhaust type [Bs] (1.2 ^{m/s})	Usage factor[α]			Induction module[ID]				
		C3, C4, C7			Unapplied Application				
Generation compared	[Bs] (1.2 ^{m/s})	C4			Unapplied				
		C3, C4, C7			Application				

* [Ss] : Slow Speed, [Ms] : Medium Speed, [Hs] : High Speed, [Bs] : Basic Speed

측정실험 변수와 설정조건은 Table 2와 같이 각 세대의 주방후두팬([Ss]-3.7^{m/s}, [Ms]-5.3^{m/s}, [Hs]-7.4^{m/s})과 욕실배기팬([Bs]-1.2^{m/s})을 층별(2~18F)로 순차적으로 가동시켜, 옥상 주방·욕실 배기구 말단에서 배기풍속을 측정 한 후, 세대별 존구획 「C1~7」을 설정하여 주방후두팬 저속([Ss]-3.7^{m/s})과 욕실배기팬([Bs]-1.2^{m/s})가동시 동시사용률[α]=33~100%에 따른 기류분포를 측정하였으며, 욕실배기구를 대상으로 세대별 존구획 「C3, C4, C7」에서 외기유입 모듈의 적용 유·무에 따른 기류분포와 발전량을 측정하였다.

3. 옥상외기와 실내배기 기류분석

3.1 옥상외기 기류분포

2013년 4월 5일부터~5월 15일까지의 측정실험 동안의 옥상외기는 Fig. 4와 같이 0.41~14.7

^{m/s}범위로 평균풍속은 2.56^{m/s}이며, 남서풍(SW)이 38.4%로 가장 높은 풍향빈도를 보이고, 4월 초순부터 중순까지는 외기풍속이 평균 1.7^{m/s}로 약한 반면, 중순부터 말까지는 5.7^{m/s}로 강한 풍속을 보였으며, 측정실험 기간 동안 1.0^{m/s}이하의 무풍빈도는 10.8%이고, 풍력발전기의 블레이드 가동에 필요한 3.0^{m/s} 이상의 외기풍속 빈도는 58%인 것으로 나타났다.

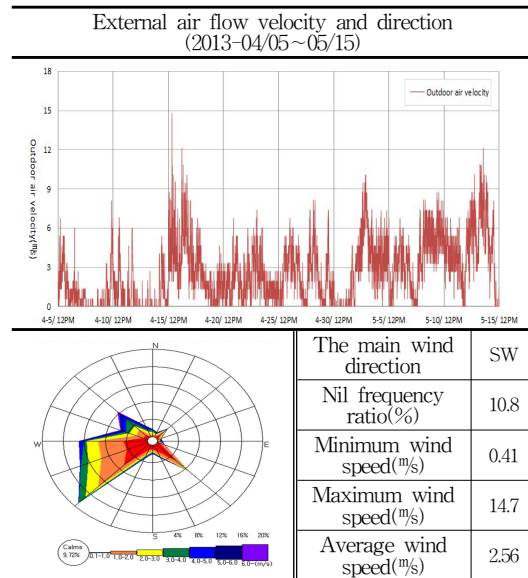


Fig. 4 The wind velocity and direction of outdoor air on the rooftop during the measuring experiment period

3.2 주방·욕실의 실내배기 기류분포

주방·욕실 배기구 내부 3지점(①하부, ②좌측, ③우측)에서 외기풍속이 3.0^{m/s}이하 일때, 1분 간격으로 6시간동안 각 세대의 주방후두팬과 욕실배기팬을 2~18F 순차적으로 가동시켜 배기풍속을 측정 한 결과 Fig. 5와 같이 가동세대가 증가할수록 배기풍속 또한 비례하여 증가하는 경향이 나타나며, 주방후두팬 저속[Ss] 배기풍속은 2.09^{m/s}, 중속[Ms]은 4.58^{m/s}, 고속[Hs]은 6.25^{m/s}로 측정되어, 주방후두팬 고

속가동의 경우, 저속가동보다 배기풍속이 3배 정도 높게 측정되었다.

욕실배기팬[Bs] 가동에 따른 배기풍속은 0.2~1.19m/s 범위로 가동세대가 증가하더라도 주방후두팬 저속가동 배기풍속 50%에 해당하는 1.19m/s의 배기풍속만이 측정되었다.

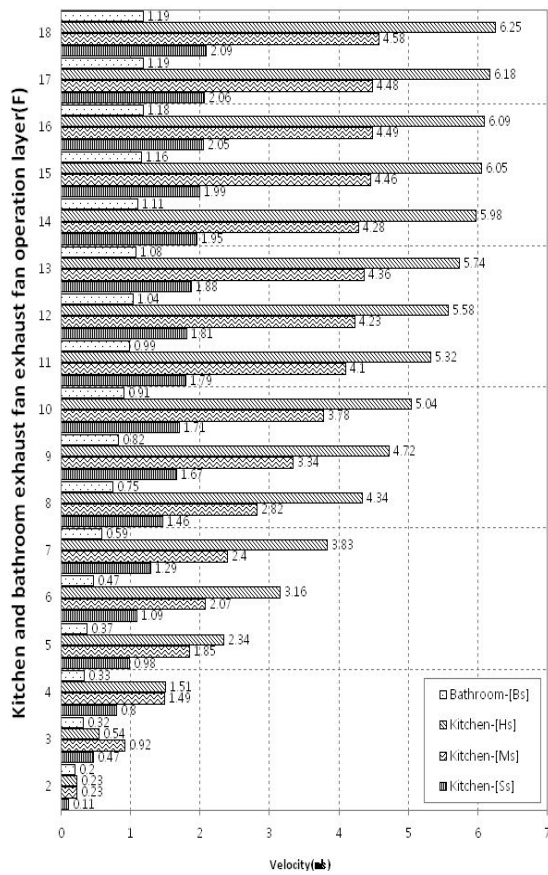


Fig. 5 The distribution of air currents according to the operation of the kitchen and bathroom ventilation fans by the households

한편, 주방후두팬 저속[Ss] 및 욕실배기팬[Bs] 가동조건에서 동시사용률[a]=33~100%에 따라 세대별 존구획을 「C1~7」 변화시켜 배기풍속을 측정된 결과, Fig. 6과 같이 주방 배기구의 경우, 동시사용률 [a]=33%인 「C1~3」 조

건은 평균 2.07~2.41m/s 범위, [a]=66%인 「C4~6」 조건은 3.23~4.28m/s 범위, [a]=100%인 「C7」 조건은 4.57m/s의 배기풍속이 발생되어 동시사용률[a]=66% 이상에서 풍력발전기 블레이드 가동에 필요한 3.0m/s 이상의 배기풍속이 확보되며, 동시사용률[a]이 동일할 경우, 존구획세대가 상부에 위치할수록 C7(4.57m/s)>C6(4.28m/s)>C4(4.24m/s)>C5(3.23m/s) 순으로 배기풍속이 증가하는 경향이 나타났다.

욕실배기구의 경우는 동시사용률[a]=33%인 「C1~3」 조건에서 평균 0.40~0.68m/s 범위, [a]=66%인 「C4~6」 조건은 0.67~0.96m/s 범위, [a]=100%인 「C7」 조건은 1.09m/s로 동시사용률이 [a]=33%에서 100%로 증가됨에 따라 배기풍속 또한, 약2배 증가되었으나, 풍력발전기 블레이드 가동에 필요한 3.0m/s 이상의 배기풍속 확보는 어려운 것으로 여겨진다.

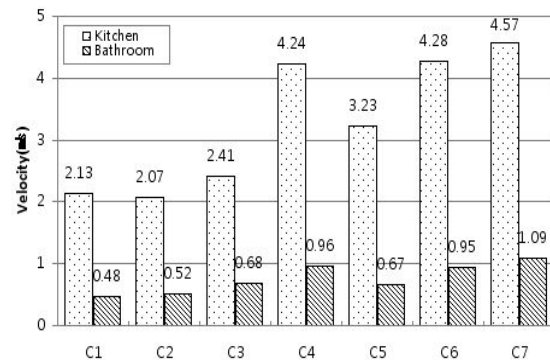


Fig. 6. The distribution of air currents according to the simultaneous usage of the kitchen and bathroom ventilation pipes

3.3 외기유인모델 적용에 따른 기류분포

기존 욕실배기구의 경우, 동시사용률[a]이 33~100%로 증가더라도 풍력발전기 블레이드 가동에 필요한 3.0m/s 이상의 배기풍속 확보가 어려움에 따라 수평방향의 옥상외기를 배기구 내부로 유인할 수 있는 외기유인모델을

설치하여 동시사용률[a]에 따른 세대별 준구획 「C3-ID, C4-ID, C7-ID」 조건에서 기류분포를 측정하였다.

기존 욕실배기구에 외기유인모듈을 적용하였을 경우, Fig. 7과 같이 0.68~1.08m/s의 수직방향의 실내배기(①~③)와 2.57~3.01m/s의 수평방향 외기가 유인모듈 내부(④~⑥)에서 합류하여 상승함에 따라 동시사용률[a]=33%인 「C3-ID」 조건은 3.64m/s, [a]=66%인 「C4-ID」 조건은 4.8m/s, [a]=100%인 「C7-ID」 조건은 4.72m/s의 배기풍속이 측정되었다.

따라서 외기유인모듈 적용시 기존 욕실배기구의 배기풍속 증가는 「C3-ID」은 2.9m/s(4.2배), 「C4-ID」은 3.8m/s(3.9배), 「C7-ID」은 3.6m/s(3.3배)로 나타나, 풍력발전 블레이드 가동에 필요한 3.0m/s 이상의 배기풍속이 확보되었다.

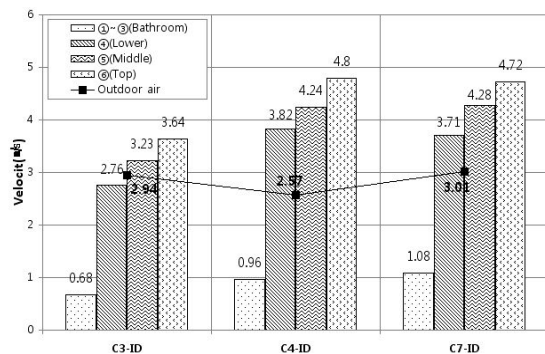


Fig 7. The distribution of air currents in the old bathroom ventilation pipe and according to the application of an outdoor air induction module

4. 풍력발전기 발전량 비교분석

4.1 외기유인모듈 적용에 따른 발전량

기존 욕실배기구의 세대별 준구획 「C4」 조건을 대상으로 외기유인모듈 적용 유·무에 따른 발전량을 비교분석하였다.

기존 욕실배기구 세대별 준구획 「C4」 조건

의 발전량의 경우, Fig. 8과 같이 최고빈도 풍향 남서풍(SW)인 0.98~3.22m/s 범위 평균 1.83m/s의 옥상외기가 작용할 때, 일간 최소발전량은 281Wh이고, 일간 최대발전량은 20,261.4Wh이며, 총누적발전량은 44,551Wh로 시간당 평균 309.4Wh가 발전되었다.

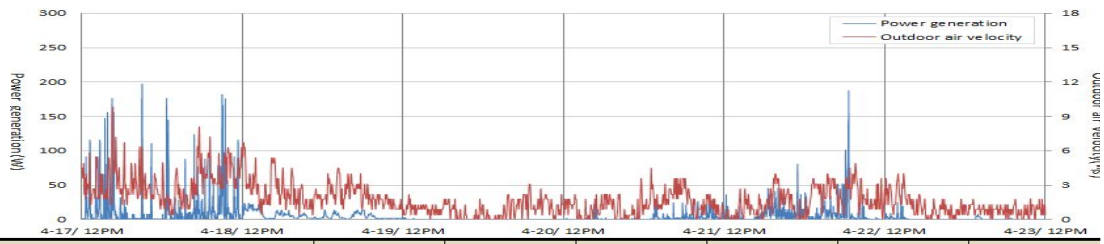
기존 욕실배기구 「C4」 조건에 외기유인모듈을 적용한 경우는 Fig. 9와 같이 최고빈도 풍향 남서풍(SW)인 0.72~2.83m/s 범위 평균 1.84m/s의 옥상외기가 작용할 때, 일간 최소발전량은 466.2 Wh이고, 일간 최대발전량은 17,231.1Wh이며, 총누적발전량은 57,894.3Wh로 시간당 평균 402.1Wh가 발전되었다.

따라서 기존 욕실배기구에 외기유인모듈을 적용할 경우, 옥상외기의 유인에 의하여 배기풍속이 증가됨에 따라 기존 욕실배기구의 발전량보다 29% 향상되는 것으로 나타났다.

4.2 동시사용률[a] 변화에 따른 발전량

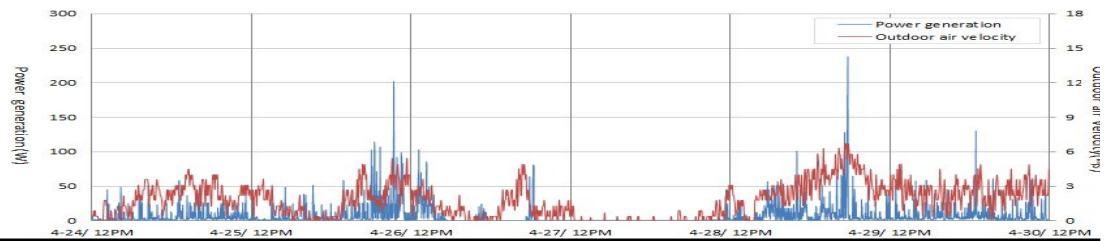
본 절에서는 기존 욕실배기구에 외기유인모듈 적용시 동시사용률[a]=33~100%에 따른 발전량을 비교분석하였다.

동시사용률[a] 변화에 따른 발전량은 Fig. 10과 같이 최고빈도 풍향 남서풍(SW)일 때, 외기풍속이 1.76~3.68m/s 범위로 평균 2.71m/s가 작용하여, 총누적발전량은 동시사용률[a]=33%는 4,231Wh, [a]=66%는 16,129.3Wh, [a]=100%는 31,772.6Wh가 발전되었다. 이에 따른 시간당 평균 발전량은 [a]=100% (661.9Wh) > [a]=66% (336.0Wh) > [a]=33% (88.1Wh) 순으로 동시사용률[a]=33%에서 외기풍속이 평균 1.88m/s로 가장 낮음에 따라 발전량이 저조하게 나타난 반면, 동시사용률 [a]=100%는 외기유인모듈의 내부로 유입된 평균 외기풍속이 3.21m/s로 가장 높음에 따라 발전량도 [a]=66%보다 시간당 평균 325.9Wh 높게 발전되었다.



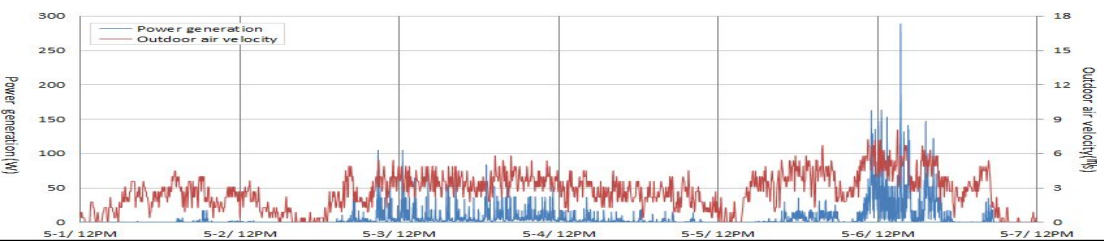
Date	04/17~18	04/18~19	04/19~20	04/20~21	04/21~22	04/22~23
Cumulative Power(Wh)	20,261.4	8,131.4	281	3,531.9	11,074.2	1,271.1
Hourly Power(Wh)	844.2	338.8	11.7	147.1	461.4	52.9
The main wind direction	SW	SW	SW	SW	SW	SW
Average wind speed(m/s)	3.22	2.31	0.85	0.82	2.54	1.27

Fig. 8 Power generation of the old bathroom ventilation pipe($\alpha=66\%$)



Date	04/24~25	04/25~26	04/26~27	04/27~28	04/28~29	04/29~30
Cumulative Power(Wh)	9,327.3	17,231.1	8,888.1	466.2	16,289.8	5,691.8
Hourly Power(Wh)	388.6	717.9	370.3	19.4	678.7	237.1
The main wind direction	SW	SW	SW	SW	W	SW
Average wind speed(m/s)	1.98	1.73	1.19	0.72	2.83	2.61

Fig. 9 Power generation according to the application of an outdoor air induction module($\alpha=66\%$)



simultaneous utilization ratio α		33%		66%		100%	
		5/1	5/2	5/3	5/4	5/5	5/6
Rooftop outdoor air	Average wind speed(m/s)	1.76	2.01	3.59	2.46	2.74	3.68
	The main wind direction	SW	W	SW	SW	SW	SW
Power production	Cumulative Power(Wh)	884.2	3,346.8	12,715.5	3,413.8	10,507.4	21,265.2
	Hourly Power(Wh)	36.8	139.4	529.8	142.2	437.8	886.1

Fig. 10 Power generation according to the usage factor α (Zone Area C4 by the households)

5. 결 론

본 연구는 공동주택 건물 옥상외기와 주방·욕실 실내배기를 활용한 풍력발전시스템 적용 연구로서 측정실험 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 주방·욕실 배기구 가동 세대가 2~18F층으로 증가할수록 배기풍속 또한, 증가하는 경향을 보이며, 주방후두팬 증속과 고속가동시 풍력발전기 블레이드 가동에 필요한 3.0㎥/s 이상의 배기풍속이 확보되는 반면, 욕실 배기팬은 전체세대 배기팬이 가동되더라도 주방후두팬 저속가동의 50%에 해당하는 1.19㎥/s의 배기풍속만이 발생되어 외기유인모듈 적용을 통한 배기풍속의 증속이 필요한 것으로 사료된다.
- (2) 동시사용률[α] 변화에 따른 기류분포는 주방배기구의 경우, 주방후두팬 저속가동 동시사용률[α] 66%이상부터 3.0㎥/s 이상의 배기풍속 확보가 가능하였으나, 욕실배기구의 경우는 동시사용률[α]이 100%까지 증가더라도 풍력발전기 블레이드 가동에 필요한 3.0㎥/s 이상의 배기풍속 확보가 어려웠다. 이에 따라, 외기유인모듈 적용할 경우, 동시사용률[α]=33%는 4.2배(2.9㎥/s), [α]=66%는 3.8배(3.8㎥/s), [α]=100%는 3.3배(3.6㎥/s)의 배기풍속 증가효과가 발생하여 풍력발전 블레이드 가동풍속 3.0㎥/s 이상의 배기풍속이 확보되었다.
- (3) 발전량 측정실험의 경우, 기존 욕실배기구의 총누적발전량은 44,551Wh로 시간당 평균 309.4Wh가 발전된 반면, 외기유인모듈 적용시 총누적발전량은 57,894.3Wh로 시간당 평균 402.1Wh가 발전되어 기존 욕실배기구의 발전량보다 외기유인모듈 적용시 약 29% 정도 발전량이 향상되었다.

- (4) 동시사용률[α]에 따른 발전량은 [α]=100% > [α]=66% > [α]=33% 순으로 1.76~3.68㎥/s 범위의 외기풍속과 실내배기의 영향으로 인하여 외기풍속이 평균 1.88㎥/s인 동시사용률[α]=33%에서 가장 발전량이 저조하게 나타난 반면, 동시사용률 [α]=100%는 외기유인모듈의 내부로 유입된 3.21㎥/s 평균 외기풍속의 영향으로 [α]=66%보다 발전량이 2배정도 높게 나타났다.

이와 같이, 건물 옥상외기와 실내배기를 활용한 풍력발전시스템의 적용 가능성은 우수한 것으로 판단됨에 따라 향후, 건물 옥상에서 발생하는 순간 최대풍속과 태풍에 따른 구조적 안전성의 확보 및 구조체 경량화 등 실용화에 대한 가능성을 높이기 위한 다양한 연구노력이 필요한 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0027393)

참고문헌

1. Lee, Y. H., Kim, S. Y., Park, J. C., Hwang, J. H., 2012, Analysis of Air Current Measurements at External Induction-Style Kitchen and Bathroom Vents, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 32, No. 6, pp 76-84
2. Lee, Y. H., Kim, S. Y., Park, J. C., Hwang, J. H., 2012, A Study on the Wind Power Generation Using Vertical Exhaust Air Duct of the High-Rise Apartments, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 32, No. 3, pp 1-10
3. Kim, S. Y., Lee, Y. H., Park, J. C., Hwang, J. H., 2012, Airflow measuring analysis the rooftop

- kitchen and bathroom exhaust duct of residential building, SAREK, Sumer Annual Conference, pp 798-801
4. Park, J. H., Kim, J. W., Song, Y. W., Park, J. C., Hwang, J. H., 2012, A Experimental Study on the Application of Small Wind Power System Combined Ventilator in Super High-rise Apartment, SAREK, Sumer Annual Conference, pp 725-728
 5. Shin, J. R., Park, J. J., Kim, H. Y., Kim, D. Y., 2012, Performance Study of Wind Augmentation Device for Building-integrated Wind Power, Journal of KFMA, Vol. 15, No. 4, pp. 42-49
 6. Nam, B. H., You, J. Y., You, G. P., Kim, Y. M., 2012, Wind-induced Variation of Velocity for Tall-building with Openings with the CFD Simulations, Journal of WEIK, Vol. 15, pp. 209-214
 7. Kim, H. G., 2012, The Korea Wind Resource Map and Its Application System, Journal of WEIK, Vol. 15, pp. 11-15
 8. Roh, J. W., 2012, Study on Improvement of Thermal Environment by using Wind-driven Natural Ventilation on the Atrium, Journal of KSES, Vol. 32, No. 1, pp. 40-47
 9. Jo, H. J., You, J. Y., You, K. P., Kim, Y. M., 2011, A Study of Wind energy Assessment according to number and geometry of inlet to top floor of Tall Building, Journal of AIK, Vol. 31, No. 2, pp. 107-108
 10. D. Y. Lee, 2010, A Study on Air Current Analysis for the Application of Wind Power Generation in High-Rise Building, Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea 2010 Summer Symposium Collection of Dissertations
 11. B. R. Lim et al, 2008, A Study on Morphological Trend of Modern High-Rise Buildings, Architectural Institute of Korea Collection of Dissertations, v24 n12
 12. H. D. Chun, 2010, A Study on the Application Plan of Wind Power Generation System of High-Rise Buildings, Chung Ang University Graduate School, Master's Thesis