

CFD와 실측을 이용한 환경제어요소 도입 및 주택 자연환기 성향 검토를 통한 에너지 절감가능성 고찰

Study on Energy Saving Possibilities through Analysis of Environment Control Elements & Natural Ventilation Performance using the CFD & Measurement

오병철* · 이선영**†

OH Byoungchull* and Lee Sunyoung**†

(Submit date : 2014. 10. 1., Judgment date : 2014. 10. 6., Publication decide date : 2014. 11. 24.)

Abstract : Heat island is caused by changes of land coverage structure of cities and use of energy in buildings. As a result energy use in buildings get to increase further followed by rising of GHG emission and deteriorating climate change. Eco-friendly housing complex is a kind of plan that applies environmental control elements like water and green spaces to housing complex. With these methods, it can be expected to create thermal environment of indoor and outdoor. In this paper quantitative examination is studied on using CFD to find out the effects of river, water permeable, parks and planting on thermal environment. And by comparing field measurements with CFD results which are aimed to development phase housing complex, feasibility and usability of the CFD analysis results are confirmed. And also, analysis on the ventilation performance followed by natural ventilation system is analyzed by selecting one building in housing complex. Based on the results, the possibilities of energy reduction through making thermal environment and applying natural ventilation are studied. With these outcomes, creating thermal conditions and using natural ventilation would be contributed to GHG reduction.

Key Words : MRV(Measuring, Reporting and Verification), CFD(Computational Fluid Dynamics), 친환경주거단지(Eco-Friendly Housing Complex), 자연환기(Natural Ventilation), 온실가스(Greenhouse Gas(GHG)), 지역기상관측시스템(AMeDAS)

*오병철 : (재)광주세계도시환경포럼 UEA사무국, 책임 연구원, 공학박사
**† 이선영(교신저자) : 경남과학기술대학교, 교수, 공학박사
E-mail : leesy@gntech.ac.kr, Tel : 055-751-3406

*OH Byoungchull : Foundation Corporation of UEAMA
Affiliated Office in Gwangju for Urban Environment
Forum
**† Lee Sunyoung (corresponding author) : Gyeongnam National
University of Science and Technology
E-mail : leesy@gntech.ac.kr, Tel : +82-55-751-3406

1. 서론

최근 도시와 건축물이 가지고 있는 온실가스 감축 잠재력에 국제사회는 주목하고 있다. 에너지소비통계(에너지관리공단, 2007)에 따르면 건물에너지의 사용량은 전체 에너지 사용량의 22.1%에 육박하며, 건물에너지 소비로 인한 온실가스(GHG) 배출량은 전체 배출량의 25%를 점유(건설과정 제외)하고 있다¹⁾. 국제사회는 건물의 에너지 절약과 MRV (Measuring, Reporting and Verification) 기법도입을 통해 GHG 감축 필요성을 제시하고 있다²⁾. 그러나 건물의 GHG 감축은 쉽지 않다. 예를 들면 건물에 신재생에너지 혹은 패시브디자인 수법 도입은 건물의 시공, 관리, 그리고 폐기 과정에 걸쳐서 많은 예산과 더불어 건축가와 환경, 설비엔지니어와의 유기적인 조화가 반드시 필요한 부분이다. 그럼에도 불구하고 건물 에너지 절약 관점에서 신재생에너지 및 패시브디자인을 도입하는 것은 기후변화 대응을 위한 유용한 수법으로 인정받고 있다. 본 연구는 일본 사이타마市の 친환경주거단지를 대상으로 환경제어요소 적용을 통한 단지 내 온열환경 형성과 주택의 자연환기 경로 분석, 그리고 이를 바탕으로 에너지 부하 저감을 통한 건물 GHG 감축 가능성 검토를 수행한 결과를 제시하기로 한다.

2. 연구방법

2.1 연구방법 및 절차

전반적인 연구절차를 Fig. 1에 나타낸다. Step 1에서는 계획단계의 친환경주거단지를

대상으로 복사·대류 연성 CFD 해석³⁾을 통해 환경제어수법에 따른 온열환경 개선 효과를 검토한다. Step 2에서는 개발단계에 있는 주거단지를 대상으로 실측과 CFD해석을 통해 풍속, 풍향, 기온, 표면온도 및 건물 1개동의 풍속, 풍향, 기온을 검토한다. Step 3, 4는 CFD해석 및 실측 결과 비교를 통해 CFD해석 결과의 정확도 분석을 수행하며, Step 5는 분석된 데이터를 기초로 하여 건축물 내부의 자연환기 경로 등의 특징을 분석, 이를 기존 연구 사례 등과 비교하여 GHG 감축 가능성에 대해 논한다.

Step 1 Planning	CFD analysis - Coupled simulation of convection, radiation and conduction for eco-friendly housing complex	
Step 2 Developing	Step 2_1 measurement (Outdoor & indoor) - Wind velocity & direction - Air temp. - Humidity, etc.	Step 2_2 CFD analysis (Outdoor & indoor) - Wind velocity & direction - Air temp. & surface temp. - Wind velocity & direction, air temp.
Step 3 Data analysis I	- Step 1 Analysis of thermal environment of Eco-friendly housing complex	
Step 4 Data analysis II	- Analysis of CFD accuracy through researching Step 2_1 & 2_2 - Identification and evaluation of CFD analysis accuracy of Step 1 - Analysis of natural ventilation of indoor through CFD of Step 2_2 analysis	
Step 5 Data analysis III	- Analysis of possibilities of reducing green house gases emission and energy indoor housing complex through gathering results and researching previous examples	

Fig. 1 Research process

2.2 CFD해석 조건 및 실측조건

(1) CFD해석 조건(Step 1, Step 2_2)

대류해석과 복사해석은 각각, Star-CD, Star-RADX를 활용하였다. Fig. 2, Fig. 3에 CFD 해석영역(880m(x)×860m(y)×600m(z)) 개요를 나타내었다. A~F는 주거 단지 내에 적용된 환경제어수법을 나타낸다. Fig. 3에 대상주거지역(굵은 선)과 당시 개발 완료된 주택(점선)을 나타내며, 우측 그림은 주택 1동의 1, 2층 평면도를 나타낸다. Fig. 4는 Step 1의 CFD해석 모델이다. Fig. 5는 Step 2의 CFD해석 모델로 좌측은 개발 중인

1) Yu, K.H, et al., A Study on the Urban Design Methods for the Environment-Friendly Neighborhood Development, Architecture & Urban Research Institute, 2009. 11
2) UNEP, Climate Finance for Cities and Buildings: A Handbook for Local Governments, UNEP, 2014

3) S. Yoshida, R. Ooka, et al., Study on effect of greening on outdoor thermal environment using three dimensional plant canopy model, J. Archit. Plann. Environ. Eng., No. 536, 83-88, 2000

주거 단지이며, 우측은 Fig. 3의 우측에 나타난 주택 1동을 나타낸다. Table. 1, 2, 3는 CFD 해석을 위한 경계조건을 나타내며, 특히 Table. 3의 Step 2 대류해석은 Table. 2의 경계조건 이외에 변동 부분의 경계조건만을 나타냈다.

(2) 주거단지와 건물내부 실측조건(Step 2_1)

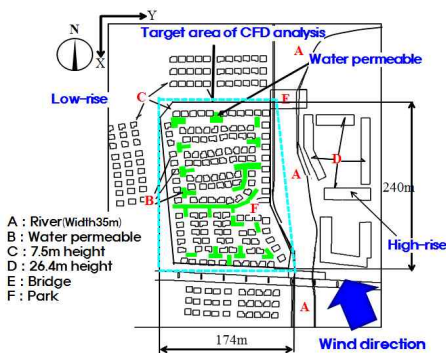


Fig. 2 Target area of CFD analysis (Step 1)



Fig. 3 Target area and No. 18 house plan (Step 2)



Fig. 4 CFD analysis for mesh (Step 1)

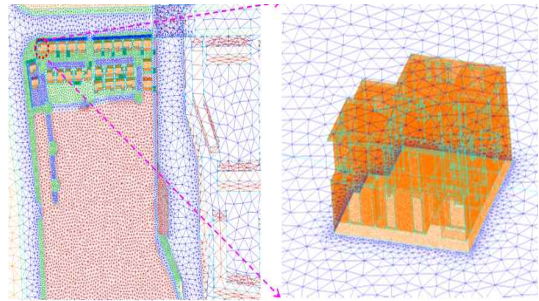


Fig. 5 CFD analysis for mesh on targeted area and No. 18 house (Step 2)

Table. 1 Numerical conditions of radiation analysis

Description	Long wave length emissivity	Albedo	Evaporation efficiency
Asphalt	0.95	0.1	0.0
Building	0.9	0.2	0.0
Ground	0.9	0.2	0.0
Water permeable	0.2	0.1	0.3
River	0.8	0.2	0.5
Park	0.9	0.2	0.3
Tree	0.98	0.15	0.3

Table. 2 Numerical conditions of CFD simulation for Step 1

Description	Condition
Side, Upper	Fix temp., Free slip
Wall	Generalized logarithmic law
Algorithm	SIMPLE method
Difference scheme	Upwind difference
Space finite difference method	Central difference
Turbulence Model	Standard k-ε model
Discretization	Finite volume method(FVM)
Temp. boundary	Convection heat transfer coefficient (11.6W/m ² ·K)
Date, hour	August. 1, 13:00
Wind direction	SSE
Ave. wind velocity	2.0m/s(Zo : 6.5m)
Air temp.	32.6°C
Absolute humidity	0.0177kg/kg

Table. 3 Numerical conditions of CFD simulation for Step 2

Description	Condition	
Input temp.	28.4℃	
Date and hour	June. 13, 15:50	
Wind direction	SSE	
Wind velocity (Using the measured data)	Building inflow velocity (Case-i)	U ₀ : 2.60m/s (Z ₀ = 6.5m)
	Building inflow velocity (Case-ii)	U ₀ : 1.74m/s (Z ₀ = 1.5m)

측정은 풍속, 풍향, 온습도 등에 대해 10분 간 평균데이터를 수집하였다. Fig. 6에 친환경 주거단지내의 측정 장소를 나타낸다. Fig. 6 (a)의 단지 측정의 경우 G.L.(지면) +1.5m 에서의 데이터를 측정하였으며, 측정개소는 6곳을 선정하였다. Fig. 6 (b)의 건물내부 측정은 F.L.(바닥면) +1.5m 높이에 설치하였고, 1층 3개소, 2층 4개소에서 측정하였다. Table. 4에 Fig. 6의 측정 장소에 따른 측정기기 종류 및 기기명을 나타낸다.

3. 연구 결과

3.1 CFD 해석 결과(Step 1)

본 연구에서는 환경제어요소가 주거단지의 온열환경조성에 미치는 영향을 정량적으로 분석하기 위해 환경제어요소별 Case로 구분하여 연구를 수행했다(Table. 5). 다만, 당시 조성되어 있던 하천을 환경제어요소로서 검토하기 위해 Case1만 하천공간을 아스팔트 포장으로 가정하였다. Fig. 7은 각 Case의 표면온도 결과를 나타낸다. Fig. 7(b) Case2의 경우 Fig. 7(a) Case1에 비하여 하천적용으로 인해 수변공간(점선타원)의 표면온도가 약 66℃에서 약 30℃로 낮게 나타났다. Fig. 7(c) Case3의 경우 단지내부 곳곳에 보수성포장을 조성한

것으로 도로를 전부 아스팔트로 포장한 Case1에 비해 약 10℃정도 표면온도가 낮게 나타나 김인수 등4)의 측정과 유사한 결과를 나타냈다. Fig. 7(d)는 공원(점선부분)을 조성한 것으로 Case1의 아스팔트 포장에 비하여 표면온도가 약 10℃정도 낮게 나타났다. Fig. 7(e)의 경우 단지내 수목 식재로 Case1에 비하여 전반적으로 표면온도가 저하되는 것을 확인할 수 있다. 조현길 등5)이 식생이 주변 미기후 개선 효과가 있다고 밝힌 내용이 본 연구에서도 유사한 효과가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 복사해석의 전반적인 결과로서 Albedo가 높은 재료를 환경제어요소로 적용을 한다면 적용요소에 따른 대소는 있겠지만, 거리의 표면온도를 낮출 수 있어 쾌적한 보행환경 조성 및 건물의 에너지 소비 감소를 통한 온실가스 배출 감소도 기대할 수 있다. Fig. 8, Fig. 9의 대류해석은 풍속 및 기온 결과를 연계해서 검토한 것이다. Fig. 8(a), Fig. 9(a)의 Case1은 복사해석과 동일하게 환경제어요소를 도입하지

Table. 4 Details of the measuring equipment

Measuring equipment	No.	Locations	Measurement data
Weather Station (Grant Instruments Ltd. Mini-met SQ800)	2	Outdoor	ⒶⒷ
		Indoor	
Ultrasonic Anemometer (Kaijo Sonic Corporation DA-600)	2	Outdoor	ⒸⒺ
		Indoor	-
Kanomax Climomaster	9	Outdoor	ⒹⒻ
		Indoor	①~⑦
Thermo/Humidity Meter (SK-SATO SK-L200TH T&D RTR-53)	11	Outdoor	ⒷⒸⒹⒼ
		Indoor	①~⑦

- 4) Kim, I.S et al., A Study on the Surface Temperature Reduction of Heat-island Pavement, KSRE, Annual Conference, Vol. 10, No. 10, pp. 555-560, 2008
- 5) Jo, Hyun-Kil, Y. Nojima, Effects of urban green space on microclimate amelioration, CO₂ sequestration and fire obstruction, The Plants Resources Society of Korea, Vol. 13, No. 3, 162-170, 2000



(a) Outdoor (A~E) (b) Indoor (①~⑦)
(A) and (E) are outdoor points

Fig. 6 Measurement points in the target area

Table. 5 CFD analysis cases

Case	River	Water permeable	Park	Tree
Case1	Not apply	Not apply	Not apply	Not apply
Case2	Apply	Not apply	Not apply	Not apply
Case3	Apply	Apply	Not apply	Not apply
Case4	Apply	Apply	Apply	Not apply
Case5	Apply	Apply	Apply	Apply

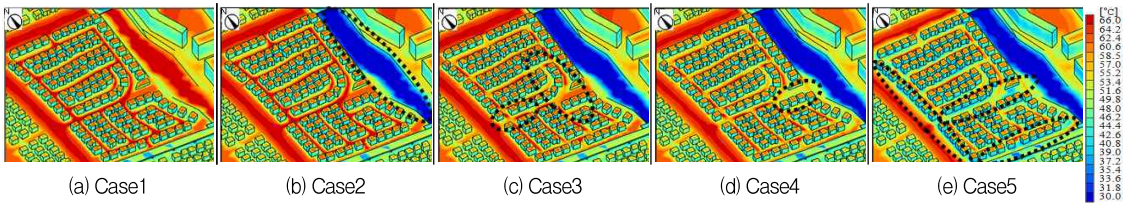


Fig. 7 The results of surface temperature

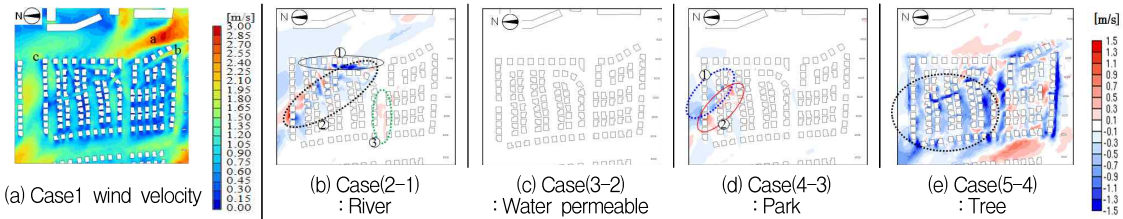


Fig. 8 The results of wind velocity and wind velocity difference at G.L.+1.5m

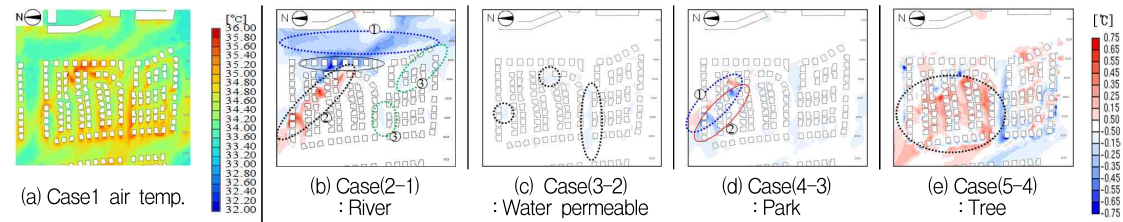


Fig. 9 The results of air temperature and air temperature difference at G.L.+1.5m

않은 Case로서 G.L.+1.5m에서의 풍속, 기온의 대류해석 결과이다. Fig. 8과 Fig. 9의 (b)~(e)는 Case별 수평면(G.L.+1.5m) 풍속·기온 차이를 나타낸다. Fig. 8과 Fig. 9 우측의 풍속과 기온 레인지(Range)에서 백색영역은 두 Case의 풍속·기온차이가 없는 부분이며, 그 위쪽

부분은 환경 제어요소 요소 도입을 통해 풍속 및 기온 상승이 발생한 곳, 그 아래 부분은 환경 제어요소 요소 도입을 통해 풍속 및 기온 저하가 발생한 부분을 의미한다.

Fig. 8(a) Case1을 통해서 전반적으로 주거 단지 외부의 강한 기류는 a, b, c점을 통해 단

지내로 유입되는 것이 확인된다. Fig. 8(b), Fig. 9(b)는 하천을 조성한 Case2와 Case1의 차이이다. 하천부분의 표면온도 저하로 인해 하천부분 기온이 최대 1.6 °C까지 저감되어 Heat flux 감소가 추정된다. 또한 Fig. 8(b)의 하천 주변 ①번부분에서 풍속저하가 크게 나타나는 것은 하천부분의 낮은 온도(Fig. 9(b))로 인해 상승기류 발생이 억제되었고, 기류의 운동량이 낮아져서 나타난 결과로 추정된다. 한편 운동량이 낮은 기류는 주거단지 안쪽(풍하측)가구(Fig. 9(b), ②번 부분)의 기온 상승에 영향을 미친 것으로 추정된다. Fig. 8(c), Fig. 9(c)는 보수성 포장을 도입한 Case3과 Case2의 차이를 나타낸 것이다. 보수성포장 부분에서 기온이 약간 감소된 부분(Fig. 9(c), 점선 부분)이 확인되지만, 가구 내 현저한 풍속변화는 확인되지 않아, 보수성포장 도입이 거리의 풍속 변화에 미치는 영향을 확인하기 위해서는 다른 여러 조건을 추가하여 검토할 필요가 있을 것으로 생각된다. Fig. 8(d), Fig. 9(d)는 단지내 풍상측 부분(Fig. 2, F)에 공원을 조성한 Case4와 Case3의 차이를 나타낸다. Fig. 8(d)를 통해 풍상측에서 원거리에 있는 건물 풍상측(②번 점선 부분)에서 풍속회복으로 인한 풍속증가와 건물 풍하측(①번 점선 부분)에서 풍속저하 현상이 나타났다. 이로 인해 건물 주변에서 기온변화가 일어난 것으로 추정된다. Fig. 8(e), Fig. 9(e)는 단지 내 식재를 조성한 Case5와 Case4의 차이로서 Fig. 8(e)에 나타난 바와 같이 식재로 인하여 전반적으로 풍속이 낮아진 것이 확인된다. 또한 낮아진 풍속으로 인해 고온기류가 건물 주변에 체류하게 되어 Fig. 9(e)에서처럼 단지 내 기온증가가 발생된 것으로 추정된다. Table. 6, Fig. 10에 모든 Case에 대한 주거단지만을 대상으로 한 평균풍속, 평균기온, 그리고 Case별 평균 차이값을

Table. 6 Mean wind velocity and mean air temp. and those of differences at target area

Case	Mean wind velocity	Mean air temp.
Case1	0.78m/s	34.38°C
Case2	0.74m/s	34.31°C
Case3	0.74m/s	34.28°C
Case4	0.72m/s	34.21°C
Case5	0.55m/s	34.26°C

Difference	Case(2-1)	Case(3-2)	Case(4-3)	Case(5-4)
Wind velocity	-0.01	0	-0.02	-0.17
Air temp.	-0.07	-0.03	-0.07	0.05

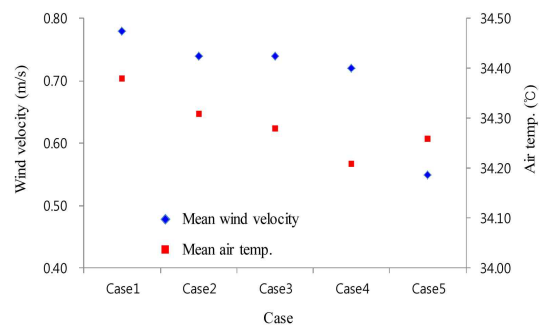


Fig. 10 Mean wind velocity and mean air temp. of each Case at target area

나타낸다. 가구내의 평균풍속과 평균기온은 Case1의 경우가 가장 크게 나타났고 Case5로 갈수록 풍속이 조금씩 약해지는 것이 확인된다. Case1의 경우 단지 내 표면의 고온 복사효과로 인해 상승기류가 발생했으며, 주거단지를 향한 주류방향의 풍상측 유입풍과 만나 단지 내로 강한 운동량을 가진 이류가 작용했기 때문으로 추정된다. 그러나 Case2 부터 Case5까지는 Case1보다 낮아진 표면온도로 인해 기류의 운동량이 약해진 것으로 추정된다. 또한 이것은 가구 중앙의 동서방향의 도로로 유입되는 기류의 운동량이 약해진 것도 원인이 될 수 있다. 한편 Case5의 경우 건물과 도로 주변에 식재들이 방풍림 역할을 하여 풍속이 더욱 약해진 것으로 추정된다. 이 결과를 기반

으로 단지 내 평균기온은 Case1을 기준으로 Case4까지는 기온하강이 확인되지만, Case5는 단지표면의 열복사의 영향으로 기온이 상승되었으며, 식재로 인해 기류가 약해져 원활한 이류가 발생하지 못했기 때문으로 판단된다. 그러나 전반적으로 단지내 기온저하 효과가 확인되어 식재를 활용한 환경제어수법은 유용하다고 판단할 수 있다. H. B. RIJAL 등⁶⁾은 도쿄 Aoyama 지역의 대규모 녹지가 주변 도심의 기온을 약 1.5°C 저하시켰지만, 반면에 대규모 녹지로 인해 풍속이 저하되었다는 결론을 내어 본 연구와 대체로 유사한 결과가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 결국 녹지를 통해 최적의 효과 확보를 위해서 계획단계부터 면밀한 검토가 필요할 것이다.

3.2 CFD 해석 및 실측 결과(Step 2, 3, 4)

여기서는 개발단계의 주거단지 및 건물 1개동 대상의 실측 및 CFD 해석과 실측데이터 간의 유의성을 검증함과 동시에 건물 외부 기류가 실내 기류에 미치는 영향을 평가한다.

(1) 실측개요 및 결과(Step2_1)

실측은 2008년 6월 9~13일까지 수행했으며, 그 중, 기상조건 및 데이터 등 분석 결과 신뢰도가 높은 것으로 분석된 6월 13일 10:00~16:00의 데이터를 활용하여 검토를 수행했다. Table. 7은 사이타마市 기상관측소의 AMeDAS 데이터로서 6월 13일 10:00~16:00의 풍향 및 풍속 데이터를 나타낸다. Table. 8은 6월 13일(15시 50분) 단지외부 및 건물내부에서 측정된 풍속이며, Fig. 11은 같은 시간대의 단지외

부의 풍향, 풍속, 기온의 측정값이다. 단지내부로 기류의 유입이 되는 Fig. 11의 측정점 B는 1.90m/s (Zo=1.5m)의 풍속으로 당일 15~16시의 AMeDAS 데이터의 평균풍속이 2.50m/s (Zo=6.5m)인 것을 감안했을 때 적절한 풍속구배로 판단된다. Fig. 11의 다른 데이터를 보면 18번 건물 앞마당인 측정점 A에서 높은 풍속이

Table. 7 Amedas data of Saitama city (at 15:50 on 13th June 2008)

Time	Wind(m/s)		Time	Wind(m/s)	
	Velocity	Direction		Velocity	Direction
10:00	1	ESE	14:00	3	SSE
11:00	2	S	15:00	2	SSE
12:00	2	SSE	16:00	3	SSE
13:00	2	S			

Table. 8 Measurement result of wind velocity (at 15:50 on 13th June 2008)

Outdoor point	Wind velocity (m/s)	Indoor point	Wind velocity (m/s)
A	2.60	①	0.93
B	1.90	②	0.39
C	0.58	③	0.55
D	2.72	④	0.34
E	0.85	⑤	0.52
		⑥	0.54
		⑦	0.25

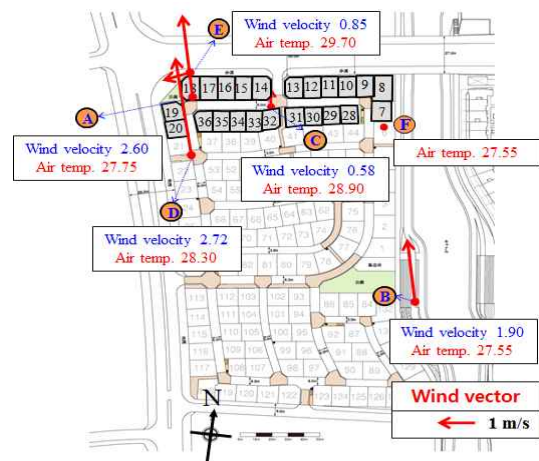


Fig. 11 Results of wind direction, wind velocity and air temp. at measurement points in target area

6) H.B. Rijal, Ryoza Ooka et al., Study on heat island mitigation effect of large-scale greenery using numerical simulation, 10th REHVA WORLD CONGRESS, Clima 2010, 2010.5

확인되는데, 이는 당시 18번 건물이 외부기류의 유입부분에 위치하고 있어, 측정점 ㉑를 지난 빠른 바람이 주변의 20, 36번 건물에 사이를 지나면서 풍속이 유지되었기 때문인 것으로 판단된다. 이에 비해 측정점 ㉒의 경우 32번 건물 배후의 풍하측에 위치하여 풍속이 약한 것으로 판단되며, 측정점 ㉓의 경우도 18번 건물 풍하측에 위치하여 풍속이 약한 것으로 추정된다. 이러한 결과는 건물이 밀집해 있어 바람의 이동 통로가 좁은 캐니언 공간에서 풍속이 저해 되는 것과 유사한 현상으로 이해된다⁷⁾.

(2) CFD 결과 및 실측결과(Step2_2, Step3, Step4)

개발단계의 주거단지를 대상으로 한 CFD 해석조건은 전술과 같다. 이 중, 주택 1동 내부 실내기류 분포는 Table. 3의 두 가지 유입조건을 가지고 검토한 것으로, 첫째는 해당 시간대의 기상데이터(Case- i), 둘째는 실측점 ㉑(Fig. 6 참조)의 실측데이터(Case- ii)를 건물 내 유입조건으로 활용했다. 이것은 기상데이터와 실측데이터에 따른 실내 환기경로 변화를 확인하기 위함이다. 주거단지의 해석영역은 Step1의 해석과 동일하며, 건물 1동의 크기는 60m(X)×60m(Y)×20m(Z)이다. Fig. 12, Fig. 13에 주거단지 G.L.+1.5m에서의 풍향, 풍속, 기온의 CFD해석 결과와 실측데이터를 나타낸다. 풍속과 기온 분포를 보면 실측데이터와 CFD해석 데이터 간에 대체로 유사한 분포가 확인된다. 이를 통해 CFD해석이 정도 높은 결과를 나타내고 있다고 판단된다. Fig. 14에는

7) Tsuchiya Takashi et al., Grasp of Effect of Various Relaxation Methods for the Heat Island Phenomenon on Outdoor Thermal Environment in the Present Urban Blocks Using Coupled Simulation, Monthly journal of the IIS, University of Tokyo 60(1), 40-45, 2008

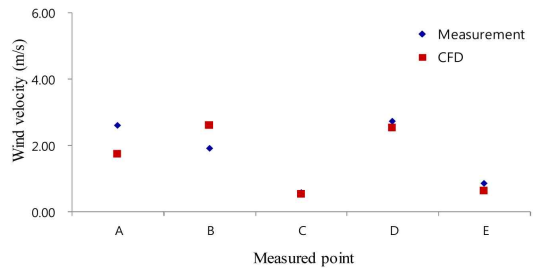


Fig. 12 Comparison of CFD analysis results with measured wind velocity data around target area

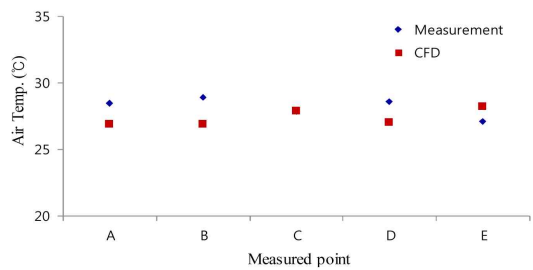


Fig. 13 Comparison of CFD analysis results with measured air temp. data around target area

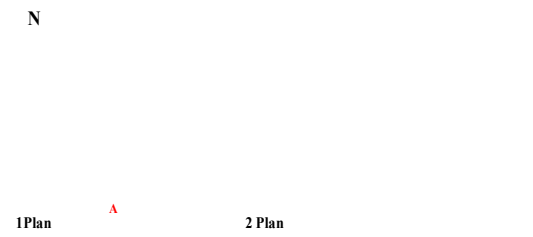


Fig. 14 Air flow on 1st and 2nd floor (at F.L. +1.5m) : Wind velocity(vector and scalar), (Case- i)

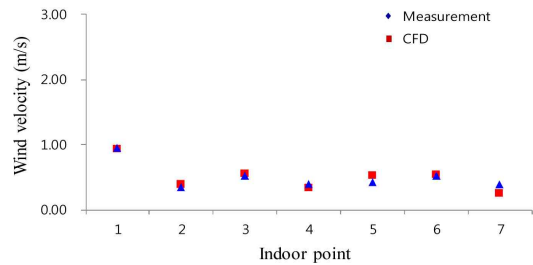


Fig. 15 Comparison of CFD results (Case- i) with measured wind velocity data for indoor

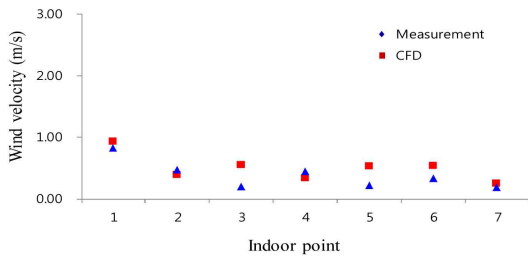


Fig. 16 Comparison of CFD results (Case-ii) with measured wind velocity data for indoor

실내기류 해석 결과 중 Case- i 의 풍속, 풍향의 결과로, Case- i 와 Case- ii 는 유입 풍속이 다르지만, 건물내 기류의 경로 특성이 같게 나타나 생략했다. 실측과 같은 조건을 위해 건물 냉방공조는 없는 것으로 하고, 모든 개구부를 개방해 놓은 상태로 CFD해석을 하였다. 이 결과 F.L.+1.5m에서의 평균 풍속은 전반적으로 Case- i 이 높게 나타났다. 이것은 전술한 바와 같이 건물내부로의 유입풍속이 Case- i 쪽이 높기 때문에 나타나는 결과이며, 이를 통해 건물내부로 유입되는 바람의 세기가 자연환기 성능을 좌우할 것으로 예상할 수 있다. 또한 1층은 평균풍속이 높게 나타나서 그만큼 환기성능이 양호

한 반면, 2층은 동서방향의 복도로 인해 기류의 운동에너지가 작아졌기 때문에 1층보다 환기성능이 떨어지는 것으로 추정된다. Fig. 15, 16에서 CFD와 실측의 풍속결과가 측정점에 따라 약간의 차이는 있지만 대체로 유사하게 나타나는 것으로 확인되었다. 그러므로 건물 자연환기 효율 향상을 위해서는 계획단계에서 CFD해석을 통한 기류의 경로파악과 이를 통한 평면계획이 필요할 것으로 판단된다. 또한 외부공간에서 일정량 이상의 유효풍속 조건이 형성될 수 있도록 주풍향에 대한 건물방향, 개구부 위치, 크기, 형태 등의 선택이 필요할 것이다. 이를 통해 건축물 공조에너지 절감 및

온실가스 배출저감에 도움이 될 것으로 기대할 수 있다. 향후 다양한 해석 Case를 통해 이를 확인할 필요가 있다.

3.3 온열환경조성과 자연환기 및 에너지 절감(Step5)

도시의 건물은 국내 최종에너지 소비의 약 24%를 차지하고 있으며, 간접온실가스 배출량은 13%(전력에너지 미포함)를 차지하는 것으로 조사되었다. 이러한 추세라면 2020년에는 1990년의 250%수준까지 상승한 것으로 예측한 결과도 제시되고 있다. 미국의 2007년도 에너지 소비기준에 따르면 건물부문에서 소비되는 에너지 비율이 45%, 수송부문 35%, 산업부문이 20%로 나타났으며, 영국의 경우 건물부문이 40%, 수송부문이 37%, 산업부문이 21% 정도로 나타나 선진국일수록 그리고 거대 도시화가 될수록 건물부문에서 소비되는 에너지 비율이 높아지는 것을 확인할 수 있다. 결국 도시는 기후변화로 인한 피해가 더욱 심해질 수밖에 없는 구조가 될 것으로 예상된다. 예를 들어 하절기 기온상승은 건물 냉방에너지 소비를 증가시키는데 보통 외부 기온이 20~25℃ 일 경우, 이후 기온이 0.6℃ 상승할 때마다, 냉방에너지 소비량이 1.5~2.0% 정도 증가되어, 도시지역 전체 전력소비량의 약 5~10%가 건물의 내부 온열환경 조성으로 사용되게 된다. 최근 국내 전력의 순간 최대전력소모량의 급증으로 인해 블랙아웃(Blackout)이 발생된 것은 이러한 에너지 수급현상 특징으로 인해 나타난 것이다. 냉방공조 수행유무에 관계없이 하절기 열섬현상으로 나타나는 대표적인 영향은 다음과 같다.

- (1) 냉방에너지 사용증가(에너지 사용증가)
- (2) 건축물 환기를 위한 공조에너지 사용증가(에너지 사용 증가)

- (3) 야간 자연냉각 능력 감소(축열성 높은 피복구조)
- (4) 실내의 큰 온도차로 인한 냉방기 효율저하(에너지 사용 증가)
- (5) 건축물 외부공간의 인공폐열 정체 및 대기오염 증가 등 도심 대기환경악화
- (6) 건강관리 비용증가(일사, 열사, 스모그 등 취약계층 피해)

한편, 도시와 건물의 에너지 절약 가능성을 알베도(Albedo) 조정 관점에서 접근한 몇몇 해외 사례를 통해 확인할 수 있다. 미국 L.A의 도시지역 알베도를 0.13에서 0.26로 증가시키는 경우 하절기 도심 기온이 2~4°C정도 낮아질 것으로 예측되었으며, 이 결과 도시 최대전력 소비도 0.6~1.2GW 정도 절감될 것으로 예측했다⁸⁾. 또한 로렌스 버클리 국립연구소의 연구 결과는 도로표면에 알베도를 높일 수 있는 부가재료를 사용하여 10%의 태양열 반사율을 높일 경우 도로표면 온도를 4°C 이상 낮출 수 있으며, 도시전체 태양열 반사율을 10%에서 35%로 증가시킬 수 있다면 도시전체의 기온을 0.6°C 감소시킬 수 있다고 보고했다. 일본에서 수행된 선행 이론 연구에서는 식재 및 공원 조성 등의 도시 포장기법으로 인해 시원한 기류가 형성되고, 이 기류가 상업지역 주변으로 이송되어 13시~14시 사이에 냉방에너지를 거의 15%까지 절감할 수 있다.

한편, 자연환기 수법을 도입한 공동주택의 환기 및 에너지성능을 분석한 결과⁹⁾를 통해, 자연환기에 의한 실내공기환경 및 에너지 사용량은 중간기와 냉방기(하절기)에 따라 차이

는 있으나 연간 6~9%의 냉방에너지를 감소할 수 있는 것으로 확인 할 수 있다. 물론 이것은 하절기 냉방에너지뿐만 아니라 간절기(봄, 가을)에 환기를 위해 사용되는 에너지도 대기 조건에 따라 충분히 활용될 수 있을 것이다. 중요한 것은 단지내 신선한 바람과 자연환기를 위한 유효풍속의 확보를 위해 건물과 단지를 대상으로 한 다각적인 검토를 선행하는 중요하다는 점이다.

기존 선행연구 사례에서 확인되는 바와 같이 도시 및 주거단지의 환경제어요소 및 건물의 패시브디자인 도입은 열섬현상 완화와 더불어 에너지 절감을 위해 건축물과 도시에서 접근할 수 있는 유용한 방법이 될 수 있다.

본 연구 결과를 에너지 절약 및 온실가스 감축의 관점으로 고찰해 보면, Step1에서 친환경주거단지내 환경제어요소 도입은 단지내부의 온열환경을 조성하여 냉방 및 공조에너지 사용의 절감을 유도할 것이며, 이를 통한 온실가스 배출 저감을 기대할 수 있다. 그리고 Step2, 3, 4의 CFD해석과 실측을 통한 건물 내부의 자연환기 경로 분석도 냉방 및 공조 부하 감소에 기여할 것으로 판단된다. 그러나 식재의 경우 단지내 기류 운동량이 저해될 가능성이 있기 때문에 이러한 조건에서의 건물 자연환기 수법 도입은 CFD해석, 실측 등 유용한 방법을 통한 충분한 타당성 검토가 선행되어야 할 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 CFD해석과 실측을 통해 친환경주거단지의 환경제어요소 도입을 통한 온열환경 평가를 수행했으며, 외부 환경(기온, 풍속 등)과 연계한 건물 내부의 기류변화, 기류경로에 착안한 자연환기 특성을 검토하였

8) Arthur H. Rosenfeld et al., Painting the town white---and green, Heat Island Group, 1997

9) Woo-won Lee et al., Ventilation and Energy Analysis on Natural Ventilation in Apartment Housing, SAREK, 2001 Summer Conference Korean Journal(II), pp. 644-648, 2001.7

다. 또한 기존 연구사례와 본 연구 결과를 연계하여 친환경주거단지 및 건물의 에너지 절감 가능성, 그리고 온실가스 감축 필요성 및 감축 가능성에 대해 검토했다. 본 연구를 통해 얻은 주요 결론은 다음과 같다.

- 첫째, 친환경주거단지를 대상으로 한 실측 데이터 대비 CFD해석의 정도검증 결과 CFD 해석의 활용도가 높다고 판단된다.
- 둘째, 주거 단지 내 환경제어요소 도입은 단지내 기온 저감으로 유도할 것이며, 이를 통해 건물에너지 절감이 가능할 것으로 기대된다.
- 셋째, 단지 내 식재는 풍속저해 요인이 될 수 있으므로 건물에 자연환기 수법 도입을 고려하는 경우, 유효풍속 확보를 위해 충분한 사전 검토가 요구된다.
- 넷째, 자연환기 수법을 통한 건물 냉방 및 공조 에너지 소비 절감은 기후변화 대응을 위한 건물 부문에서의 온실가스 감축 방법으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구를 바탕으로 향후에는 친환경주거단지 조성과 건물 자연환기 도입의 상관관계를 보다 정량적이고 체계적인 분석을 통해 효과를 검증할 필요가 있다. 또한 이를 통해 건물 온실가스 배출량 절감이 정량적으로 평가된다면 온실가스 감축을 위한 보다 폭넓은 접근이 가능할 것이다.

후 기

이 논문은 경남과학기술대학교 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

Reference

1. Yu, KH, et al., A Study on the Urban Design Methods for the Environment- Friendly Neighborhood

Development, Architecture & Urban Research Institute, 2009. 11

2. UNEP, Climate Finance for Cities and Buildings: A Handbook for Local Governments, UNEP, 2014

3. S. Yoshida, R. Ooka et al., Study on effect of greening on outdoor thermal environment using three dimensional plant canopy model, J. Archit. Plann. Environ. Eng., No. 536, 83~88, 2000

4. Kim, I.S et al., A Study on the Surface Temperature Reduction of Heat-island Pavement, KSRE, Annual Conference, Vol. 10, No. 10, pp. 555~560, 2008

5. Jo Hyun-Kil, Yoshiteru Nojima, Effects of urban green space on microclimate amelioration, Co sequestration and fire obstruction, The Plants Resources Society of Korea, Vol. 13, No. 3, pp. 162~170, 2000

6. H.B. Rijal, Ryoza Ooka et al., Study on heat island mitigation effect of large-scale greenery using numerical simulation, 10th REHVA WORLD CONGRESS, Clima 2010, 2010. 5

7. Tsuchiya Takashi, Ryoza Ooka et al., Grasp of Effect of Various Relaxation Methods for the Heat Island Phenomenon on Outdoor Thermal Environment in the Present Urban Blocks Using Coupled Simulation, Monthly journal of the IIS, University of Tokyo 60(1), 40-45, 2008

8. Arthur H. Rosenfeld et al., Painting the town white and green, Heat Island Group, 1997

9. Lee, W. W et al., Ventilation and Energy Analysis on Natural Ventilation in Apartment Housing, SAREK, Summer Annual Conference Korean Journal, Vol. II, pp. 644~648, 2001.7