

실내 급·배기구 위치변화에 따른 실 공기유동에 관한 연구

최정민[†], 조성우
창원대학교 건축공학과

A Study on the Indoor Airflow Pattern by Changing the Location of Mechanical Terminal Unit

Jeong-Min Choi[†], Sung-Woo Cho

Engineering of Architecture, Changwon National University, Kyungsangnam-Do 641-773, Korea

(Received December 26, 2008; revision received February 24, 2009)

ABSTRACT: The ventilation system of apartments can be divided by supply and exhaust fan, supply fan and exhaust free and supply free and exhaust fan. Recently, the individual ventilation system and central ventilation system which is combined cooling system with duct system are applied to apartment ventilation system. The airflow pattern is affected by location of supply unit and exhaust unit in indoor. This study is to investigate the proper distance between supply unit and exhaust unit using CFD. As a result of this study, the proper distance between supply unit and exhaust unit could be suggested at the interval of 3 m in supply and exhaust fan system and 2.5 m in supply fan and exhaust free.

Key words: Supply fan and exhaust fan(기계급배기방식), Supply fan and exhaust free(자연배기방식), Location of supply unit and exhaust unit(급배기구의 위치)

1. 서론

주택의 고기밀화, 고단열화는 에너지 절약적인 측면에서 매우 유리하다고 할 수 있으나, 공기질 측면에서는 불리한 경우가 발생할 수 있다.

이에 따라 공동주택의 경우 공동주택 각 세대는 적절한 기계 환기 시스템을 설치하여 실내의 공기질을 개선시키고 있으며, 2006년 2월 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제 11조에 따르면 모든 공동주택에서 필요 환기량은 시간당 0.7 회 이상으로 규정하고 있다. 기준에서 나타내고 있는 시간당 0.7회 의미는 창호를 제외하고 실내외의 압력

차나 외기 등에 의한 지속적인 환기가 이루어질 수 있는 자연환기설비에서 요구되는 환기회수이다.

이상의 필요 환기량 충족을 위해 현재 우리나라의 공동주택에 계획되고 있는 환기 시스템으로는 동시 급배기 기능과 에너지 회수 기능을 가진 열교환기시스템이 채택되고 있으며, 개별환기방식과 냉방과 덕트 시스템이 결합된 중앙환기 시스템도 적용되고 있다.

이러한 환기시스템들이 설치되는 각 실에는 천장형 급배기구가 놓이게 되며, 이러한 천정형 급기구는 최소 확산반경이 겹치지 않도록 하고, 거주영역에 최대 확산반경이 미치지 않는 영역이 없도록 적절하게 배치하여야만 한다.

특히 천정형 취출구의 최소 확산반경 내에 벽이나 장애물이 있으면 최소 확산반경이 겹치게 되면 편류(drift) 현상이 발생하게 되고, 실내 흡

[†] Corresponding author
Tel.: +82-55-213-3801; fax: +82-55-285-1120
E-mail address: jmchoi@changwon.ac.kr

입구의 위치에 따라 흡입속도가 급속히 감소하게 되므로 실내취출구와 실내흡입구의 위치선정은 거주영역에 큰 영향을 끼치므로 적정거리를 두어야 한다.⁽²⁻⁷⁾

이에 본 연구에서는 실내 급기구와 실내 흡입구사이의 거리에 따른 실내의 공기유동을 전산유체해석프로그램을 이용하여 그 결과를 토대로 실내 급기구와 실내 흡입구의 적정 거리를 제안함으로써 보다 쾌적하고 환기효율이 뛰어난 설계방안을 제시하고자 한다.

2. 실내 급기구와 흡기구의 위치 관계

Fig. 1은 천장형 취출구의 최소 및 최대 확산반경을 나타내고 있다.

천장원형 취출구 말단의 기류속도는 0.25 m/s를 기준으로 하는 경우, ADPI가 최대가 되는 도달거리는 실 부하에 관계없이 식(1)과 같으며, 이에 의해서 확산반경을 계산할 수 있다.⁽¹⁾

$$T_{0.25}/L = 0.8 \tag{1}$$

여기서, T : 도달거리, L : 실의 대표길이

이를 토대로 계산된 실내 급기구 및 실내 흡입구의 위치는 Fig. 2와 같다.

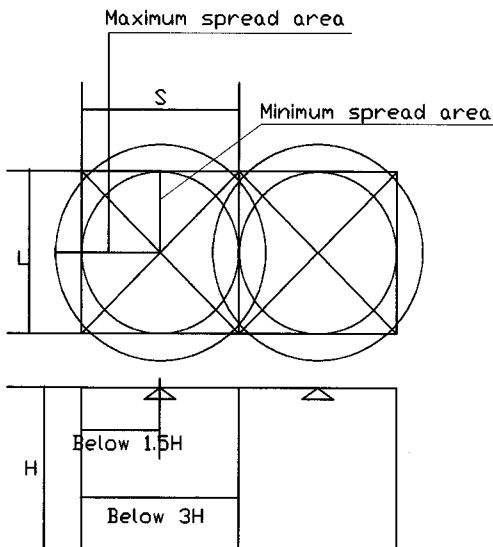


Fig. 1 Spread area of ceiling type diffuser.

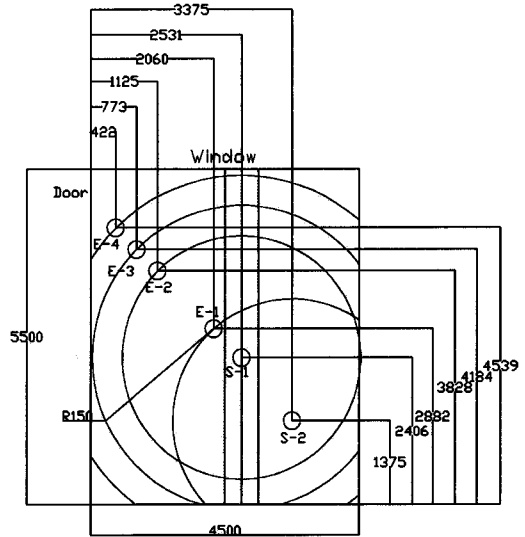


Fig. 2 The location of supply and exhaust unit in the reference room.

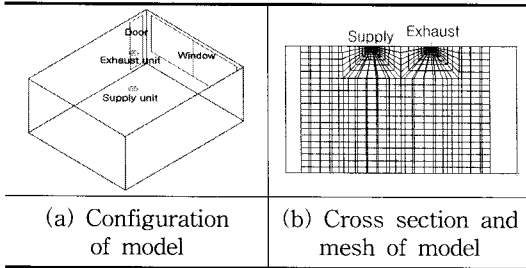
이는 급기구 S-1은 일반적으로 실 중앙 근처에 설치하였고, 배기구는 문 근처에 설치하는 경우가 많으며, 급기구 S-2의 경우, 침대 상부에 설치하여 취침시 제실자에게 신선한 공기 공급에 주안점을 둔 형태로 이 또한 배기구는 문 근처에 배치하게 된다.

3. 실내 급배기구 위치에 따른 시뮬레이션

3.1 개요

본 시뮬레이션에서는 Airpack 프로그램을 이용하여 급배기구 위치에 따른 공기유동과 온도장 및 이산화탄소의 농도분포를 분석하고자 하며, 이를 위한 CFD의 모형에 대한 형상은 Table 1의 (a)와 같고, 단면의 형상은 급기구와 배기구의 대각선을 연결한 부분으로 하였으며 Table 1의 (b)와 같다. 대상실 크기는 4.5m[W] × 5.5m[L] × 3.0m[H]로 하였고, 시뮬레이션을 위한 격자수는 35 × 45 × 20으로 총 35,000개의 격자로 나누어 분석하였다. 실내 급기구와 배기구는 Fig. 2와 같은 위치로 하였으며, 급배기구에 사용된 팬의 크기는 지름 30 cm의 천장원형 유니트로 가정하였다. 급배기구는 1중 환기시스템 즉 기계급기 + 기계배기와 2중 환기시스템 기계급기와 자연배기의 두가지 경우

Table 1 Configuration, cross section and mesh of CFD model



를 고려하여 그 경계조건을 Table 2와 같이 설정하였고, 각 Case별 구분은 Table 3과 같다.

Case 1~Case 3의 경우, 배기구의 위치는 S-1의 최소반경 위치인 2m를 기준으로 개구부(문이나 창)쪽으로 가면서 각각 50 cm씩 증가시켜 배기구(E-2, E-3, E-4)를 위치시켰다. 또한, Case 4는 재실자에게 신선한 공기를 공급하기 위하여 침대가 있다고 가정하여 급기구 S-4는 오른쪽 구석

Table 2 Boundary condition

Elements		Boundary condition	
Turbulent model		k-ε	
Wall surface temp.		303.15K(30 °C)	
Supply temp.		290.15K(17 °C)	
Volume flow	Supply and exhaust by fan	Supply	0.082 m ³ /s
		Exhaust	0.056 m ³ /s
	Supply by fan	Supply	0.082 m ³ /s
		Exhaust	Free
concentration of CO ₂		Indoor	1,000 ppm
		Supply	350.0 ppm

Table 3 The coordinate of terminal unit

Case		Coordinate(See Fig. 2)	
		Supply	Exhaust
Supply fan + Exhaust fan	Case 1	S-1	E-2
	Case 2		E-3
	Case 3		E-4
	Case 4		E-1
Supply fan + Exhaust free	Case 5	S-1	E-2
	Case 6		E-3
	Case 7		E-4
	Case 8		E-1

에 위치하고, 배기구는 E-1에 이루어졌다.

3.2 기계급기와 기계배기

각각의 Case에 대한 속도와 온도장에 대한 시뮬레이션 결과는 Table 4와 Fig. 3과 같다.

기계급기와 기계배기 방식인 Case 1~4가운데 Case 1, 2 및 3의 실내유속은 비슷한 형태를 보이고 있으나, Case 4의 경우는 벽면을 따라 하강 기류의 생성으로 벽면이나 창의 낮은 표면온도에 의하여 겨울철 드래프트 현상을 일으킬 위험이 있다고 판단된다. 시뮬레이션 결과, 실내 평균온도의 범위는 28.0~28.6 °C의 범위이고, 실내 평균 유속의 범위는 0.143~0.187 m/s로 나타났다.

취출구와 배기구의 위치가 2m로 가장 가까운 Case 1은 실내 평균온도가 28.4 °C이고, 평균 유속은 0.151 m/s로 나타났고, Case 2의 경우 실내 평균온도와 유속은 각각 28.5 °C와 0.164 m/s, Case 4는 각각 28.6 °C와 0.143 m/s로 값을 보인다.

Case 1, 2 및 4의 경우, 실내의 평균온도와 유속변화는 크게 나타나지 않았다. 그러나 Case 3 경우, 실 평균온도가 28.0 °C, 유속이 0.187 m/s로 위에서 언급한 3가지 Case와 비교하여 0.5 °C정도 높고, 실내유속 0.02 m/s 정도로 차이가 있다.

동일한 급기구와 배기구의 거리를 가진 Case 1과 Case 4의 경우, 벽면에 위치한 Case 4의 경우가 실내온도가 0.2 °C정도 높게 나타났고, 실내유속도 0.008 m/s의 차이를 보이고 있으므로, 급기구 근처에는 벽이나 창과 같은 장애물이 없는 경우가 공기유동에는 유리하다는 것을 알 수 있다.

동일한 급기구 조건을 가진 경우, Case 3과 Case 1 및 2를 비교해 보면, 취출공기와 배기구 사이의 거리가 충분한 Case 3에서 취출공기의 확

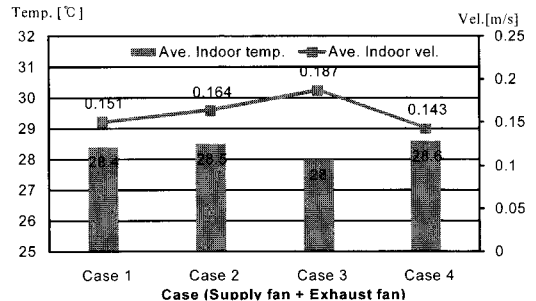


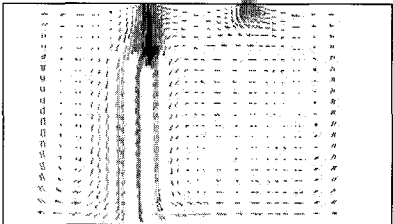
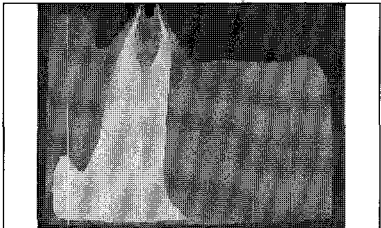
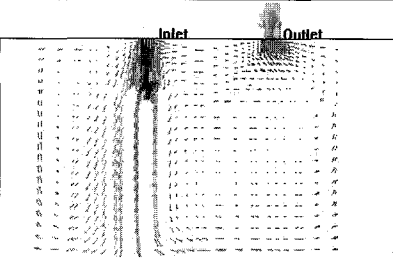
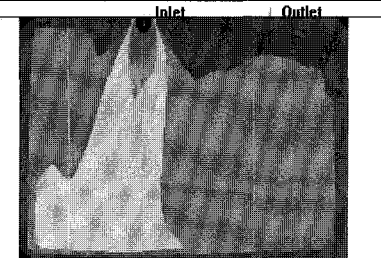
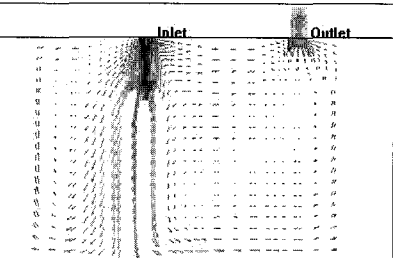
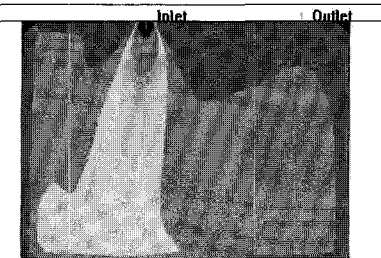
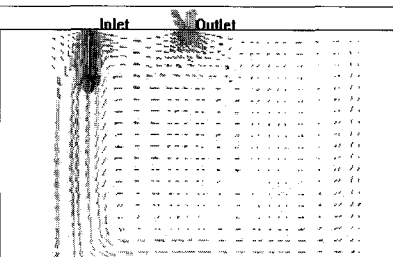
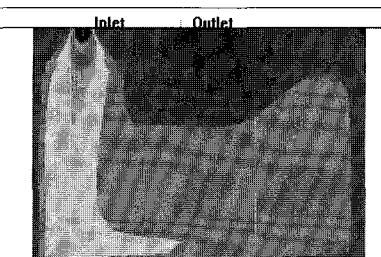
Fig. 3 Average air temperature and velocity in indoor by CFD results.

산반경과 배기구의 흡입반경이 겹치지 않아서 취출공기가 충분히 실내로 확산되어 Case1과 2보다 실내온도가 약 0.5℃정도 낮고, 실내 평균 유속도 0.02m/s정도 크다는 것을 알 수 있다. 그러므로 취출구의 위치 및 취출구와 배기구의 사이의 거

리는 실의 온도분포와 유속분포에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

실내의 이산화탄소 농도 변화에 대한 시뮬레이션 결과는 Table 5와 같고, 실내의 최고농도 및 평균농도와 그 차이는 Fig. 4와 같다. 시뮬레이션

Table 4 Simulation results on the air velocity and temperature distribution of supply fan and exhaust fan

 <p>Velocity m/s</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.17495 1.02808 0.881212 0.734344 0.587475 0.440606 0.293737 0.146869 0.000000 	 <p>Temperature C</p> <ul style="list-style-type: none"> 30.0000 28.3700 26.7401 25.1101 23.4801 21.8501 20.2202 18.5902 16.9602
<p>(a) Case 1- Velocity Filed</p>  <p>Velocity m/s</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.17510 1.02821 0.881325 0.734437 0.587550 0.440663 0.293775 0.146888 0.000000 	<p>(b) Case 1- Distribution of air temperature</p>  <p>Temperature C</p> <ul style="list-style-type: none"> 30.0000 28.3710 26.7419 25.1129 23.4839 21.8548 20.2258 18.5967 16.9677
<p>(c) Case 2- Velocity Filed</p>  <p>Velocity m/s</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.16813 1.02211 0.876097 0.730081 0.584065 0.438049 0.292032 0.146016 0.000000 	<p>(d) Case 2- Distribution of air temperature</p>  <p>Temperature C</p> <ul style="list-style-type: none"> 30.0000 28.3631 26.7261 25.0892 23.4522 21.8152 20.1783 18.5414 16.9044
<p>(e) Case 3- Velocity Filed</p>  <p>Velocity m/s</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.17679 1.02969 0.882593 0.735494 0.588395 0.441296 0.294198 0.147099 0.000000 	<p>(f) Case 3- Distribution of air temperature</p>  <p>Temperature C</p> <ul style="list-style-type: none"> 30.0000 28.3722 26.7445 25.1167 23.4889 21.8611 20.2334 18.6056 16.9778
<p>(g) Case 4- Velocity Filed</p>	<p>(h) Case 4- Distribution of air temperature</p>

결과, 최고농도는 537.9~555.0 ppm의 범위를 보이고 있고, 평균 농도는 487.6~493.3 ppm으로 나타났다. Case 1의 경우, 최고농도는 544.9 ppm이고, 평균 농도는 489.0 ppm를 나타내고 있으며, Case 2의 경우에는 각각 555.0 ppm과 483.6 ppm, Case 3에서는 537.9 ppm과 497.7 ppm을 보이고 있으며 Case 4는 543.6 ppm과 493.3 ppm을 나타낸다. 취출구와 배기구가 동일한 거리에 위치하고 있는 Case 1과 Case 4의 경우, 최고농도에서는 1.3 ppm정도로 Case 1에서 높게 나타났으나, 실내 평균 농도는 4.3 ppm으로 Case 4에서 높게 나타난 것을 알 수 있다. 이는 취출구 근처에 위치하고 있는 장애물에 의하여 공기흐름이 Case 1과 비교하여 원활하지 않다는 것으로 판단된다. 동일한 취출구를 가지고, 배기구의 위치가 다른 Case 1과 2 및 3의 경우를 살펴보면, 최고농도는 Case 2에서 555.0 ppm으로 가장 높게 나타났고, Case 3의 537.9 ppm인 가장 낮게 나타났다. 실의 평균 농도를 살펴보면, Case 1과 3은 498.0 ppm과 497.7 ppm으로 나타났으나, Case 2는 483.6 ppm으로 낮게 나타났다.

실에서 공기가 정체되어 있는 부분은 실의 최고농도와 평균 농도의 차이로 나타낼 수 있다고 판단된다. 시뮬레이션 결과, 실의 최고농도와 평

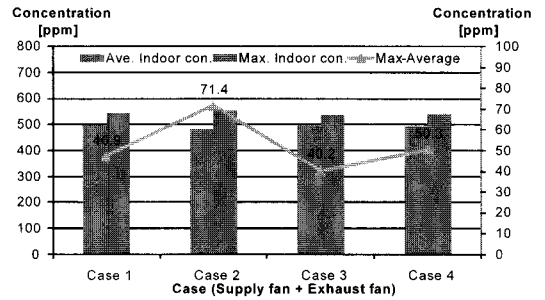


Fig. 4 Average carbon dioxide concentration in indoor by CFD results.

균농도와의 차이는 Case 1에서는 46.9 ppm, Case 2에서는 71.4 ppm으로 나타난 반면 Case 3에서는 40.2 ppm으로 낮게 나타난 것을 알 수 있다. 그러므로 Case 3의 경우에는 타 Case와 비교하여 실에서 공기가 정체되어 있는 부분이 적다고 할 수 있다.

3.3 기계급기와 자연배기

기계급기와 자연배기 방식을 채택한 각각의 Case에 대한 속도와 온도장에 대한 시뮬레이션 결과는 Table 6과 Fig. 5와 같다.

Table 5 Simulation results on the concentration of Carbon dioxide of supply fan and exhaust fan

<p>Carbon Dioxide ppmv</p> <ul style="list-style-type: none"> 544.927 520.626 496.326 472.026 447.725 423.425 399.124 374.824 350.523 	<p>Carbon Dioxide ppmv</p> <ul style="list-style-type: none"> 555.045 529.468 503.892 478.315 452.738 427.162 401.585 376.009 350.432
<p>(i) Case 1 - Concentration of Carbon dioxide</p>	<p>(j) Case 2 - Concentration of Carbon dioxide</p>
<p>Carbon Dioxide ppmv</p> <ul style="list-style-type: none"> 537.893 514.503 491.113 467.724 444.334 420.944 397.555 374.165 350.775 	<p>Carbon Dioxide ppmv</p> <ul style="list-style-type: none"> 543.583 519.441 495.298 471.156 447.013 422.870 398.728 374.586 350.443
<p>(k) Case 3 - Concentration of Carbon dioxide</p>	<p>(l) Case 4 - Concentration of Carbon dioxide</p>

실의 평균유속과 온도분포는 기계급배기 방식과 비슷한 형태를 보이고 있는 것으로 나타났다.

시뮬레이션 결과, 실내 평균 온도의 범위는 28.0~28.7℃의 범위이고, 실내 평균유속의 범위는 0.148~0.183 m/s로 나타났다. 취출구와 배기구의 위치가 2m로 가장 가까운 Case 5는 실내 평균 온도가 28.4℃이고, 평균 유속은 0.148 m/s로 나타났고, Case 6의 경우 실내 평균 온도와 유속은 각각 28.5℃와 0.16 m/s, Case 7에서는 각각 28.0℃와 0.183 m/s로 값을 보이고 있다. Case 8에서는 각각 28.7℃와 0.138 m/s를 보이고 있다.

기계급배기 방식과 같이 동일한 급배기구의 위치를 가진 Case 7 경우에는 실내의 평균 온도는 28.0℃, 유속이 0.187 m/s로 실내 온도가 가장 낮게 나타났으므로 실내의 공기 혼합적인 측면에서 유리한 것으로 나타났다. 동일한 급기구와 배기구의 위치를 가진 Case 5과 Case 8의 경우, 벽면에 위치한 Case 8의 경우가 실내온도가 0.3℃ 정도 높게 나타났고, 실내유속도 0.01 m/s의 차이로 Case 5에서 높게 나타났음을 알 수 있다. 그러므로 제 3.2절에서 언급한 바와 같이 급기구 근처에는 벽이나 창과 같은 장애물이 없는 경우가 공기 유동에는 유리하다는 것을 알 수 있다.

동일한 급기구 조건을 가진 경우, Case 7과 Case 5 및 Case 6을 비교해 보면, 취출구와 자연배기구와의 거리가 충분한 경우에서 취출 공기가 충분히 실내로 확산되는 Case 7에서 실내온도가 약 0.5℃ 정도 낮고, 실내 평균 유속도 0.023 m/s 정도 크게 나타난 것을 볼 수 있다.

실내의 이산화탄소 농도 변화에 대한 시뮬레이션 결과는 Table 7과 같고, 실내의 최고농도 및 평균농도와 그 차이는 Fig. 6과 같다. 시뮬레이션 결과, 최고 농도는 620.2~668.2 ppm의 범위를 보

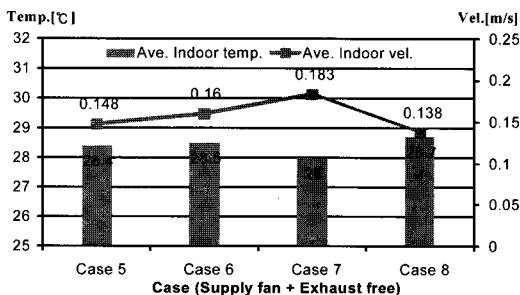


Fig. 5 Average air temperature and velocity in indoor by CFD results.

이고 있고, 평균농도는 521.9~593.9 ppm으로 나타났다. Case 5의 경우, 최고농도는 659.8 ppm이고, 평균농도는 578.9 ppm을 나타내고 있으며, Case 6은 각각 620.2 ppm과 521.9 ppm, Case 7은 668.2 ppm과 593.9 ppm을 보이고 있으며, Case 8의 경우에는 각각 633.6 ppm과 554.4 ppm을 나타내고 있다. 기계급배기 방식과 비교하여 최고농도는 약 70.0 ppm 이상 높게 나타났고, 실의 평균농도 또한 약 20.0 ppm 이상 높게 나타난 것을 알 수 있다. 기계급배기 방식과 비교하여 최고농도와 평균 농도와의 차이가 1.5 배 이상 나타나고 있다. 이는 실의 평균 유속에서는 큰 차이가 없으나, 배기구의 흡입속도에 기인하는 것으로 판단되며, 기계급배기 방식과 비교하여 실내에서 공기가 정체되는 부분이 크다는 것을 나타내므로 실내 공기 질적인 측면에서 다소 불리한 것으로 사료된다. 그러나 급기구와 배기구의 사이가 2.5m 정도 떨어진 Case 6에서 최고농도와 평균농도가 모두 낮게 나타났다.

이는 기계급배기와는 달리 자연배기의 경우, 취출공기 유속이 자연배기구의 흡입유속에 영향을 미치게 됨으로 기계급배기 방식의 Case 3(취출구와 배기구와의 거리는 3m)과 달리 취출구와 배기구 거리가 다소 짧은 Case 6(취출구와 배기구와의 거리는 2.5m)이 유리한 것으로 판단된다.

4. 결 론

전산유체해석프로그램을 이용하여 기계급배기 방식과 자연배기 방식에 대하여 급기구와 배기구의 위치에 따른 실의 공기유동에 대하여 시뮬레이션 한 결과를 다음과 같이 정리할 수 있다.

- (1) 기계급기 방식이나 자연배기 방식에서 급기

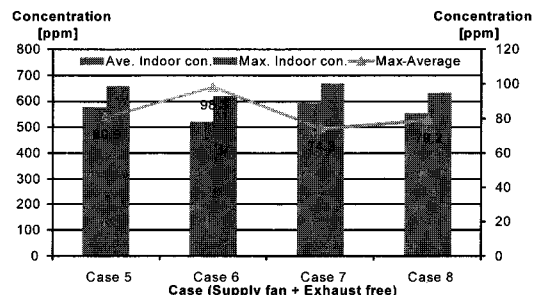


Fig. 6 Average carbon dioxide concentration in indoor by CFD results.

구와 배기구의 위치는 실의 공기유동에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

(2) 기계급기 방식의 경우, 취출구와 유속과 배기구 흡입유속을 고려하여 적정 위치에 설치하는 것이 바람직하고, 본 연구에서 취출구와 급기구

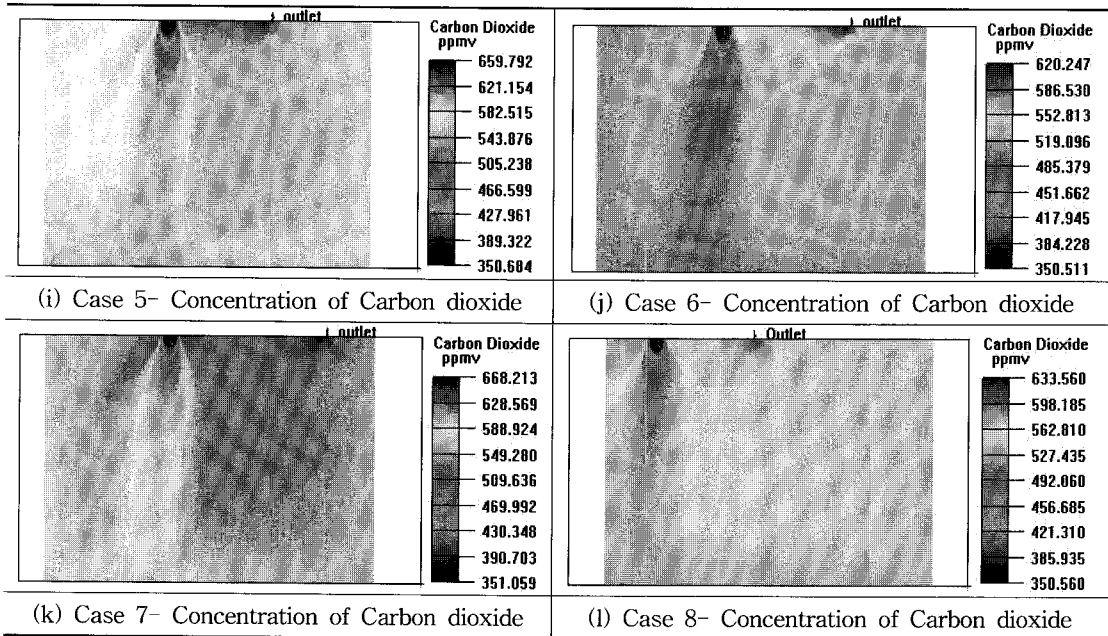
의 거리가 3m정도일 때, 온열환경적 측면이나 실내공기질적 측면에서 유리한 것으로 나타났다.

(3) 자연배기 방식의 경우, 기계급기 방식과 달리 배기구에서 흡입유속이 작으므로 취출구와의 거리가 다소 짧은 지점에 배기구를 위치시키는

Table 6 Simulation results on the air velocity and temperature distribution of supply fan and exhaust free

	<p>Velocity m/s</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.17495 1.02808 0.881212 0.734344 0.587475 0.440606 0.293737 0.146869 0.000000 		<p>Temperature C</p> <ul style="list-style-type: none"> 30.0000 28.3680 26.7359 25.1039 23.4719 21.8399 20.2079 18.5758 16.9438
(a) Case 5- Velocity Filed		(b) Case 5- Distribution of air temperature	
	<p>Velocity m/s</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.17495 1.02808 0.881212 0.734344 0.587475 0.440606 0.293737 0.146869 0.000000 		<p>Temperature C</p> <ul style="list-style-type: none"> 30.0000 28.3699 26.7399 25.1099 23.4798 21.8498 20.2197 18.5896 16.9596
(c) Case 6- Velocity Filed		(d) Case 6- Distribution of air temperature	
	<p>Velocity m/s</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.16813 1.02211 0.876097 0.730081 0.584065 0.438049 0.292032 0.146016 0.000000 		<p>Temperature C</p> <ul style="list-style-type: none"> 30.0000 28.3572 26.7144 25.0716 23.4288 21.7860 20.1432 18.5004 16.8576
(e) Case 7- Velocity Filed		(f) Case 7- Distribution of air temperature	
	<p>Velocity m/s</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.17679 1.02969 0.882593 0.735494 0.588395 0.441296 0.294198 0.147099 0.000000 		<p>Temperature C</p> <ul style="list-style-type: none"> 30.0000 28.3712 26.7424 25.1136 23.4848 21.8560 20.2272 18.5984 16.9696
(g) Case 8- Velocity Filed		(h) Case 8- Distribution of air temperature	

Table 5 Simulation results on the concentration of Carbon dioxide of supply fan and exhaust fan



것이 실내공기질적인 측면에서 유리한 것으로 나타났다. 본 연구에서는 취출구와 배기구와의 거리가 2.5m가 유리한 것으로 나타났다.

(4) 취출구는 가능한 한 장애물이 없는 실의 중앙 근처에 위치를 선정하는 것이 취출공기의 충분한 확산을 고려할 때 바람직하다고 판단된다.

후 기

이 논문은 2007학년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국대학교육협의회 대학교수 국내교류연구비 지원에 의한 것임.

참고문헌

1. SAREK, 2004 Fundamentals SAREK Handbook, Vol. 2, chapter p. 3.
2. Awbi, H. B., 1991, Ventilation of building, E&FN SPON, pp. 128-177.
3. Chung M. H., et al., 2006, A study on the im-

provement of ventilation effectiveness in high-rise apartment buildings, KSES proceeding(Spring), pp. 237-242.

4. Cho, S. W., 2006, A field measuring study on the thermal environment of human surrounding in the classroom equipped with ceiling unit, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating, Vol. 18, No. 3, pp. 240-246.
5. Hwang, T. C., 2008, The study on the renovation method of apartment house ventilation system for reducing indoor air contamination, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigerating, Vol. 20, No. 6, pp. 409-415.
6. Kawamura, T., Kawahara, M., Hirano, H., Tosaka, N., and Ikegawa, M., 1995, Analysis of incompressible flows, University of Tokyo, pp. 16-30.
7. Arakawa, T., 1993, Computational fluid dynamics for engineering, University of Tokyo, pp. 95-122.