

하계 공동주택 하이브리드 환기시스템 적용에 따른 실내공기 및 열 환경 평가

김 상 진[†], 김 은 수, 김 태 연, 이 승 복,
연세대학교 건축공학과

Analysis of Indoor Air & thermal environment with
Hybrid Ventilation system during summer

Sang-Jin Kim[†], Eun-Soo Kim, Taeyeon Kim, Seung Bok Leigh
Department of Architectural Engineering, yonsei University, Seoul, Korea

ABSTRACT: The recent on indoor air problem has led to many studies on the methods and effects of ventilation for better indoor air quality. Although natural ventilation is the most effective and energy-saving method in residential housings, the small size of openable window has been a problem in high-rise residential buildings to ventilate only through natural ventilation. Consequently, the installation of mechanical ventilation system has been a requirement in residential buildings, and has caused other problems such as increase of energy consumption and SBS. Hybrid ventilation which uses forces of both natural and mechanical power has been introduced to solve the problem of increase in energy consumption with natural ventilation. In this paper, two types of hybrid ventilation systems in residential building were introduced. One type was with natural ventilation through vent grille in the window, and another type was with natural ventilation through ceiling duct while both types used mechanical ventilation system with the outlets. The indoor temperature distribution and pollution density distribution in summer while operating the ceiling air conditioner were analyzed through CFD simulation. In this paper, the optimal location of diffusers to achieve thermal comfort would be proposed.

Key words: Hybrid Ventilation System(하이브리드 환기시스템), Thermal Comfort(열쾌적), IAQ(실내공기질), Computational Fluid Dynamics(전산유체역학)

1. 서론

최근 생활수준 향상으로 실내 공기환경에 대한 관심이 높아지고 있지만 고단열, 고기밀 시공으

로 인하여 실내 공기환경은 점점 더 악화되었고, SHS(Sick House Syndrome)등이 사회적인 문제로 대두되게 되었다. 이에 실내공기 환경 개선을 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 신선한 외기를 직접 실내로 도입하는 것이 가장 효과적인 방안으로 검토되고 있다. 이에 따라 자연환기를 최대한 활용할 수 있는 방안에 대한 다각적인 검토가 이루어지고 있으며, 실내에 일정한 환기량을 확보할 수 있는 환기시스템에 대한 연구도 활

[†]Corresponding author
Tel: +82-2-393-4066, fax: +82-2-365-4668
E-mail address: pelle8425@yahoo.co.kr

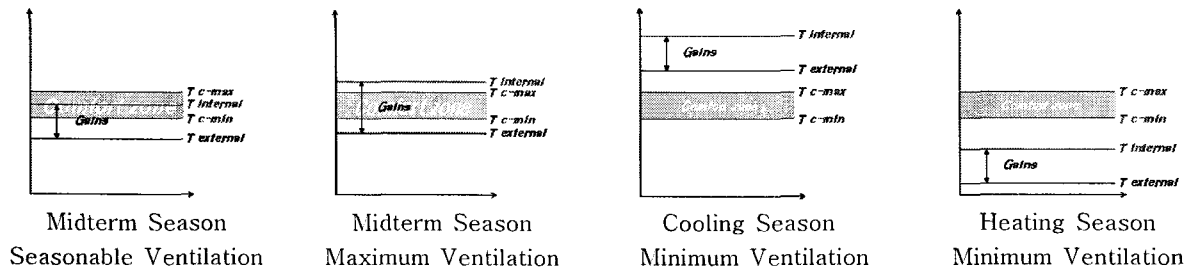


Fig.1 Ventilation Mode

발히 이루어지고 있다.

또한 2006년 1월에는 100세대 이상의 공동주택에 환기시스템 설치 의무화가 이루어져 환기시스템에 대한 연구가 더욱 활발해지게 되었으며, 자연환기와 기계 환기를 병용하여 이용할 수 있는 하이브리드 환기시스템에 대한 관심도 높아지게 되었다.

하이브리드 환기방식은 자연환기를 이용할 수 있는 시점에서 최대한 자연환기를 이용함으로써 365일 가동되는 기존의 환기시스템보다 에너지 사용을 줄일 수 있었으며, 설치공간도 줄일 수 있다. 뿐만 아니라 신선한 외기를 직접 도입함으로써 거주자들이 느끼는 심리적 쾌적감도 향상시킬 수 있다. 하지만 기존의 하이브리드 환기방식은 주로 사무소 건물에서 도입된 것으로, 공동주택에의 적용은 활발히 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 공동주택에 적용할 수 있는 하이브리드 환기방식을 조사하여 해석케이스로 선정, 환기모드 중 냉방기 시점을 선택하여 에어컨 가동 시, 외기 도입에 따른 실내온도분포와 기류분포, 오염농도 분포를 해석하였다.

2. 하이브리드 환기방식과 환기모드

2.1 하이브리드 환기방식

아직 하이브리드 환기에 대한 개념이 제대로 정립되지 않아 혼동되어 사용되는 경우가 많기 때문에 연구에 앞서 하이브리드 환기방식에 대해 정의를 하였다. 하이브리드 환기방식은 자연력과 기계력 2가지를 환기모드에 따라 독립적으로 이용하거나 서로 보조적으로 이용하여 환기하는 방식으로 실내 공기질(Indoor Air Quality) 유지, 에너지 절감, 실내 쾌적 온열환경 확보를 주 목적

으로 한다. 하이브리드 환기방식은 적용원리와 방법에 따라 3가지로 구분 된다. 본 연구에서는 3가지 방법 중 Fan assisted Natural Ventilation 방법을 적용하여 해석Case를 선정하였다. 이 방법은 배기 및 급기를 위한 보조팬을 자연환기와 결합한 것으로 저압의 보조팬을 이용해 자연환기의 구동력이 약하거나 환기량을 늘려야 할 기간에 환기량을 적절히 증대할 수 있는 방식으로 최근 가장 많이 개발, 적용되고 있는 하이브리드 환기방식이다. ⁽¹⁾

2.2 환기모드

좋은 실내공기환경을 유지하기 위해서는 환기가 필요하지만 적절한 제어 없이 환기가 이루어진다면 에너지 손실을 가져올 수 있으며, 거주자들에게 불쾌감을 줄 수도 있다. 따라서 각 환기모드에 따라 적절하게 환기를 제어할 필요가 있다. Fig.1에 4가지 환기모드를 나타내고 있으며⁽²⁾, 이번 연구에서는 냉방기 최소 환기시점에 대해서만 해석하였다. 위의 그림에서 볼 수 있듯 냉방기는 외기온도가 쾌적온도 이상이므로, 환기를 할 경우 실내 냉방부하 발생 가능성이 있다. 따라서 외기도입에 따른 실내 냉방부하 증가를 방지하기 위하여서는 실내에 필요한 최소 환기량 만큼만 공급해야한다. 이에 따라 본 연구에서는 높은 온도의 외기도입으로 인해 실내 열환경에 영향을 미칠 수 있는 냉방기 시점을 선택하여 높은 온도의 외기도입과 에어컨 가동에 따른 실내 열환경 평가를 진행하였다.

2.3 연구범위 및 방법

국민주택 평형인 32평형 관상형 공동주택을 해석대상으로 선정하였으며, 발코니 공간과 욕실을 제외한 실내공간만 해석하였다. (Fig.2)

또한 환기모드 중 외부 기온이 높아 자연 급기

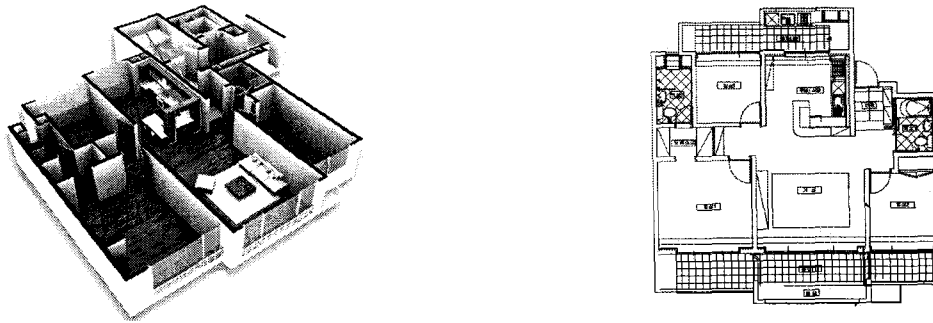


Fig. 2 Analysis Apartment

Table 1 Analysis Case

Case	Inlet	Outlet	Air conditioner	Duct type
1	Vent window	Ceiling diffuser	Ceiling	ductless type
2	Ceiling diffuser	Ceiling diffuser	Ceiling	duct type

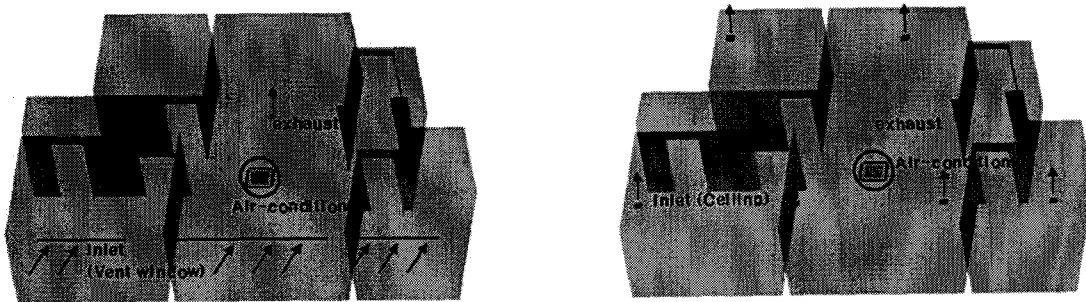


Fig. 3 Modeling

구를 통해 외기를 도입 할 경우, 냉방부하가 발생할 수 있는 냉방기를 연구범위로 설정하였다. 실내에는 냉방을 위하여 천정에 4-way형 시스템 에어컨을 설치, 외기 도입 시 에어컨을 가동한 조건에서 자연 급기구 위치에 따른 실내 온도분포를 해석하였다. 이를 통해 자연 급기구의 위치에 따른 온도분포를 비교해봄으로써 효과적인 자연 급기구의 위치를 파악하였으며, 자연 급기구의 위치에 따른 실내 기류분포 및 오염농도 분포도 살펴보았다.

실내에는 외부기류 도입을 위하여 Vent 창호와 천정 설치형 자연 급기구를 설치하였으며, 천정 배기팬을 설치하였다. 이는 현재 국내에서 개발된 하이브리드 환기시스템으로 이러한 시스템을 조합하여 해석 Case를 선정하였으며 Table 1에 나타내었다. 해석은 실내 온도분포 및 기류분포를 가시적으로 볼 수 있는 CFD(Computational

Fluid Dynamics)시뮬레이션을 활용하여 진행하였다.

3. 해석조건 및 방법

3.1 해석조건

32평형 공동주택 발코니 공간과 욕실을 제외한 실내공간을 대상으로 각 실 문은 모두 오픈한 상태로 해석을 진행하였다.

Case1의 급기는 Vent 창호를 통해 외기를 도입, 천정 팬을 통해 배기가 이루어지는 것이며, Case2는 천정에 설치된 팬을 통해 급기, 배기가 이루어지는 것으로 2개의 Case 모두 에어컨을 가동한 조건으로 해석을 진행하였으며, 해석 Case는 Fig.3에 나타나 있다.

해석시점은 외부기류 도입에 의해 냉방부하가

Table 2 Analysis condition

Floor Area & Height		85.37m ² / 2.4m		
Outdoor Air Temperature		30℃		
Air Change Rate		0.7ACH		
HCHO Emission		0.05 mg/m ² h (Floor Area: 85.37m ² , Wall area: 160.6m ²)		
Air Conditioner	size	0.85m×0.85m (diffuser size: 0.8m×0.03m)		
	temperature	18℃		
	airflow	0.02m ³ /s		
Diffuser		size	number(EA)	Velocity)
Vent window		Window Width×10cm	3	0.06m/s
Ceiling Diffuser		0.2m× 0.2m	6	0.17m/s
Exhaust fan		0.2m× 0.2m	1	-

발생되는 냉방기를 시점으로 해석을 진행하였다. 실내 환기량은 ‘건축물의 설비 등에 관한 규칙’에서 자연환기 또는 기계 환기시스템을 통해 확보해야하는 최소 환기량 기준인 0.7회/h로 설정하였으며, 에어컨의 풍량과 취출 온도는 실내온도가 26℃가 되는 조건으로 설정하였다.

오염 농도분포 해석을 위해서는 HCHO가 발생하는 것으로 가정하였고, 오염물질 방출량은 공기청정 협회의 건축자재 인증등급 중 우수자재 기준으로 설정하였다. 해석을 위한 모든 경계조건은 Table 2에 나타내었다.

3.2 해석방법

하이브리드 환기방식을 공동주택 실내에 적용 (Vent 창호와 덕트 방식으로 천정에서 자연 급기가 유입되는 방식), 에어컨 가동 시 외기를 도입하였을 경우의 실내기류 및 농도분포, 온도분포를 해석하였다.

이를 위하여, 바닥에서 1.8m, 벽면에서 0.6m 떨어진 공간을 거주역으로 설정하여,⁽³⁾ 이 거주역에서의 실내 기류분포와 온도변화를 살펴보았다. 실내 기류속도는 0.25m/s를 기준(비난방기 허용 기류속도)으로 이 기준을 만족하는지 여부를 평가하였으며, 실 상하부의 온도차와 창에서 부터의 수평거리에 따른 온도분포를 살펴보고, 실내 쾌적 온도범위(26℃ ~ 28℃)를 만족하는지를 평가하였다. 실내오염농도는 실내 공기질 유지기준인 120µg/m³을 만족하는지 여부로 평가하였다.

4. 결과 분석

4.1 실내기류분포

2개 하이브리드환기시스템 풍량을 최소환기량 기준인 0.7회/h로 했기 때문에 실내기류 속도 분포는 매우 낮은 수치를 나타내고 있다.

Case1, Case2 모두 에어컨 근처에서 높은 기류속도를 나타내는 것을 볼 수 있으며, Case2의 경우 후면부까지 급기가 가능하게 됨으로써 전면 발코니 상부로만 자연급기가 이루어지는 Case1에 비해 기류속도가 높게 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한 거주역에서의 평균 기류속도는 Case1의 경우 0.07m/s, Case2의 경우 0.17m/s를 나타내는 것을 볼 수 있다.

이로써 2개의 Case 모두 거주역에서는 실내 허용기류속도인 0.25m/s이하로 기류에 의한 불쾌감은 발생하지 않는 것으로 판단할 수 있다.

4.2 실내온도분포

하이브리드 환기시스템을 통해 30℃의 외기를 도입하였으며 천정의 에어컨 취출 온도를 18℃로 하여 해석을 진행하였다. 거주역에서의 실 평균 온도는 Case1 26.0℃, Case2 26.7℃로 30℃의 외기를 도입하였음에도 불구하고, 2개의 Case 모두 실내 쾌적온도(26℃ ~ 28℃)를 만족시키는 것을 볼 수 있다.

또한 거주역에서의 상하 온도차의 경우, Case1은 0.3℃, Case2는 0.36℃, 좌우 온도차의 경우(발코니(창측)에서 주방(실내측)), Case1은 0.2℃, Case2는 0.2℃를 나타냄으로써 상하, 좌우 온도차

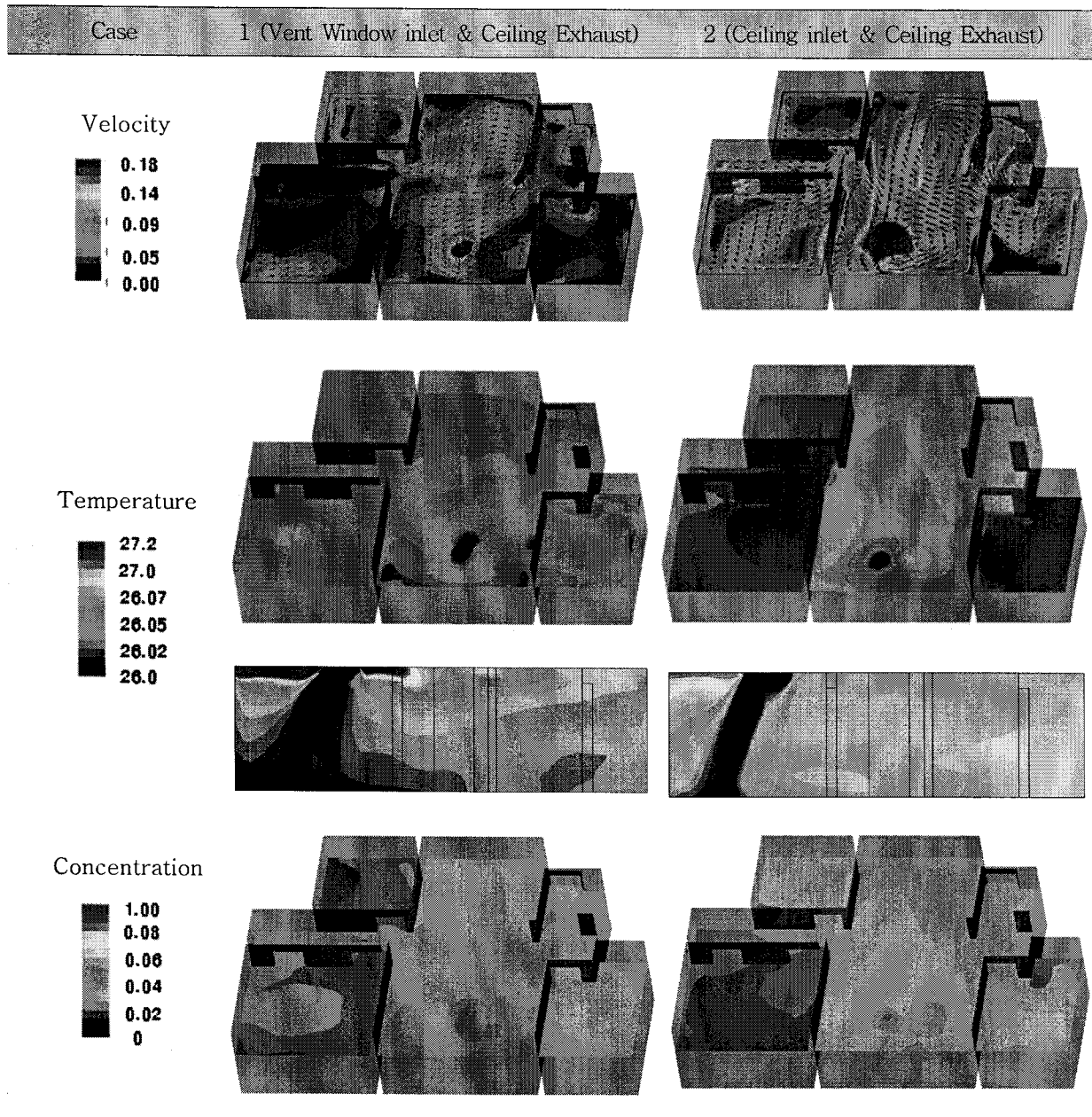


Fig. 4. Temperature, Velocity & Concentration distribution (H: 1.5m)

가 거의 나타나지 않는 것을 볼 수 있다. 이로써 각 Case 모두 거주역에서는 온도편차에 따른 불쾌감은 발생하지 않는 것으로 판단할 수 있다.

4.3 실내 오염농도분포

거주역에서의 실내 평균 오염농도는 Case1의 경우, $56\mu\text{g}/\text{m}^3$, Case2의 경우 $65\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 나타내는 것을 볼 수 있다. 이로써 2가지 Case 모두 실내 공기질 유지기준인 $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 만족하

는 것을 볼 수 있으며, 거주역에서의 평균 오염농도를 비교하였을 때, Case1의 경우가 좀 더 효과적인 시스템으로 판단할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 공동주택 하이브리드 환기시스템을 적용, 냉방기 자연 급기구를 통한 외기도입

시 냉방시스템을 가동한 조건에서의 실내 기류분포, 온도분포, 오염농도 분포를 CFD 시뮬레이션을 통해 분석하였으며, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1) 실내 기류분포의 경우, 거주역에서 평균 0.07m/s ~ 0.17m/s를 나타냄으로써 허용기류속도인 0.25m/s를 만족시키는 것을 볼 수 있다.

2) 실내 온도분포의 경우, 2가지 Case 모두 실내 쾌적온도 범위(26℃ ~ 28℃)를 만족시키는 것을 볼 수 있다. 또한 거주역에서의 상하 온도편차가 0.5℃이하, 좌우 온도편차가 0.2℃이하를 나타내어 상하 및 좌우 온도편차에 따른 불쾌감이 나타나지 않으며, 취침구 위치에 따른 실내 온도분포의 차이는 거의 없는 것을 볼 수 있다.

3) 실내 오염농도분포의 경우, 2개의 Case 모두 거주역에서의 실내 평균 오염농도를 만족시키는 것을 볼 수 있으며, Case1이 농도분포 측면에서는 더 효과적인 것으로 판단 할 수 있다.

본 연구는 공동주택에 적용 가능한 하이브리드 환기시스템을 제안, 실제 공동주택에 적용하였을 경우, 환기모드에 따른 실내 공기환경, 온열환경, 에너지 성능을 평가하기 위한 연구의 일부분으로 진행되었다.

이 해석을 진행하기 위하여 기존에 사용되고 있는 하이브리드 환기시스템을 조사하여 2가지 형태를 적용, 냉방기 때의 실내 온도분포 및 농도분포를 평가하여 하이브리드 환기시스템의 적용 시 외기 도입 가능성을 평가하였다. 이로써 하이브리드 환기시스템 적용에 따른 외기도입 시 실내 쾌적온도 범위를 만족하는 것을 볼 수 있었으며, 환기시스템의 종류에 따른 차이는 거의 나타나지 않는 것을 확인할 수 있었다.

이와 같은 선행연구를 바탕으로 추후 새로운 하이브리드 환기방식을 제안, Transys프로그램을 활용하여 각 환기모드에 따른 실내 공기환경, 온열환경, 에너지 성능을 분석을 실시할 것이다.

후기

본 연구는 과학기술부(한국과학재단) 특정기초연구지원으로 수행되었음. (R01-2005-000-11063-0)

참고문헌

1. Annex 35 Hybrid Ventilation
2. Energy and Environment in Architecture
3. Ji-Hyeon, Hwang, Chang-Yong, OH 2005 A Prediction of Hybrid Ventilation System Performance in Apartment House Proceedings of the SAREK, pp. 33~38
4. Seong-Hwan, Yi, A Study of Hybrid Ventilation System applying to an Apartment House
5. Doosam Song, Application Strategies of Hybrid Air-Conditioning System For Skyscrapers Proceedings of the 5th symposium of KSTBF
6. Joong-Hoon, Lee, Seong-Hoon, Yoon, Chang-Ho, Choi Study on the Performance Evaluation of Hybrid Ventilation System for Detached House
7. Kihoon Kim, Eonku Rhee, 2003 A study on the Ventilation Effectiveness of Mechanical Ventilation System in Apartment Buildings Proceedings of the SAREK, pp. 537~542
8. Song eui, 2006 A study on Hybrid Ventilation using the Balcony space as Buffer Zone in Apartment Housing Proceedings of the yonsei University
9. Hong C. H., Bae, S. H. and Back S. H 2003, Study on method of Ventilation optimization in Apartment Buildings
10. Lee, Y. G., Kim, C. N. .2004 A Field Survey on Indoor Air Quality of the Existing Apartment Houses, Journal of the AIK, Vol. 20, No. 5, pp175