

의류직물의 구성조건에 따른 열저항 특성 연구

김태훈¹⁾ · 전병익²⁾

1) 영남대학교 의류학과

2) 동양대학교 패션디자인학과

A Study on the Thermal Resistance of Wool Fabric Constructions

Tae Hoon Kim¹⁾ and Byung Ik Jun²⁾

1) Dept. of Clothing Science, Yeung Nam University, Kyeongsan, Korea

2) Dept. of Fashion Design, Dong Yang University, Youngju, Korea

Abstract : The purpose of this study was to determine the thermal characteristics of men's suits ensembles and their fabrics. For the study, 100% wool fabrics were woven with various fabric structure, fabric density and yarn count and with the use of these, 12 men's suits were made with the same design. Physical characteristics that affect thermal transport properties, including drapery, cover factor, bulk density, keeping warmth ratio, vapor permeability, air permeability and porosity of the fabrics were measured. In addition, thermal resistance of men's suit ensembles, including Y-shirts, inner wear and socks was measured on the thermal manikin in the environmental chamber. The result of the study was as follows: 1. In terms of fabric structure, keeping warmth ratio of plain woven fabrics was higher than those of twill and satin woven fabrics and also, vapor and air permeability and porosity of plain woven fabrics were higher than those of twill and satin woven fabrics. 2. The result showed that thermal resistance of 12 ensembles were in the range of 0.77clo~0.97clo. 3. There was little correlation between woven condition such as, including structure, fabric density and yarn count and thermal resistance of ensembles.

Key words : bulk density, keeping warmth ratio, vapor permeability, air permeability and porosity, clo.

1. 서 론

의류직물에서 열전달특성은 의복착용 성능중 가장 중요한 인자가 되며, 이 온열특성은 의류직물을 구성하는 섬유, 직물 및 의복의 여러 전달 특성, 즉 열, 공기, 수분전달특성과 매우 밀접한 관계가 있다.

또한 직물이 의복의 형태로 되었을 때 의류의 온열특성에 따라 실제로 사람이 느끼는 열적 쾌적성은 그 직물이 의복으로 사람에게 입혀졌을 때 측정해야 한다. 직물로 의복으로 만들었을 때 의복의 디자인이나 구성에 따라 열적 쾌적성은 달라지게 된다. 그러므로 열적 쾌적성에 영향을 주는 의복의 인자를 아는 것이 의복의 용도에 맞게 디자인하는데 도움이 될 것이다.

이에 대한 선행연구(McCullough, 1984; 전병익, 1995, 1998, 1999) 등은 국내외에서 많이 행해진 바 있으나 이는 단일 의복착용 상태에서 이루어진 것이다. 그러나 의복의 앙상블이 이루어진 상태에서의 쾌적성은 직물 자체의 인자와 앙상블 상태에서의 인자가 복합되기 때문에 이 상태에서의 온열특성을 평가하는 것은 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 제작조건이

상이한 직물, 즉 평직 4종, 능직, 4종, 주자직 4종 등 총 12종의 직물로 의류를 제작하고 온도, 습도 등 자연환경을 인위적으로 조절한 인공기후실 내에서 써멀마네킹을 이용하여 의류의 온열특성을 측정하였다. 선행연구(송민규, 전병익, 1998)에서 이미 직물조직별 각 1종씩 총 3종의 의류를 제작하여 연구를 한 바 있으며 본 연구에서는 데이터의 정확성을 기하기 위해 의류 제작수를 확대하여 연구를 심층적으로 분석하고자 하였다.

이 연구의 목적은 실제 인간이 착용하는 여러 의류를 앙상블(Ensemble)의 형태로 온열특성을 측정하여 의류직물의 온열특성에 영향을 미치는 인자들을 규명하여 의류제작시 여러 인자를 고려하여 제품제작에 도움을 주고자 하는데 있다.

2. 시료 및 실험방법

본 연구를 위하여 의복을 구성하는 직물의 구성 조건이 상이한 12벌의 남성용 양복을 제작하였으며 본 실험에 사용한 써멀마네킹과 사이즈가 동일하게 제작하였다.

2.1. 시료 제작

본 실험에서 사용된 12종의 남성용 양복을 구성하는 시료 직물은 선행 연구(전병익, 송민규, 1995)에서 사용한 100% 모직

Table 1. specification of the wool fabrics

Sample No	Woven Structure	Warp density (picks/in)	Weft density (picks/in)	Denier	Weight (g/m ²)	Thickness (mm)
1	Plain	62	49	1/30	16.29	0.55
2	Plain	62	67	1/40	14.82	0.39
3	Plain	62	49	2/60	15.56	0.50
4	Plain	62	67	2/80	15.94	0.39
5	Twill	80	72	1/30	19.70	0.60
6	Twill	80	86	1/40	19.64	0.63
7	Twill	80	72	2/60	22.11	0.70
8	Twill	80	86	2/80	19.72	0.57
9	Satin	105	72	1/30	25.61	0.65
10	Satin	105	86	1/40	23.07	0.62
11	Satin	105	72	2/60	25.14	0.63
12	Satin	105	86	2/80	23.76	0.59

Table 2. Garment for ensembles

Items	Materials	Size	Remarks
Suit Jacket	100% Wool	105	-
Trousers	100% Wool	105	-
Y-Shirt	Cotton60% Polyester 40%	105	Short Sleeve
Underwear Shirt	100% Cotton	105	No Sleeve
Underwear Panty	100% Cotton	105	Triangle Shape
Socks	100% Cotton	105	-

물로서 평직 4종, 능직 4종, 주자직 4종 등이며 그 특성은 Table 1과 같다.

본 실험을 위하여 사용된 앙상블은 성인 남성용으로 앙상블을 구성하는 각 의복은 Table 2와 같다.

2.2. 셔말 마네킹 실험

ASTM F 1291 표준 실험방법에(ASTM, 1997) 외거 셔말마네킹을 이용하여 의복과 앙상블의 열저항치를 측정하였다. 실험에 사용된 셔말마네킹은 남성체형으로 일반적인 평균 인체와 크기가 비슷하고 체형과 체표면적이 비슷한 구리로 제조된 것이다. 셔말마네킹의 체원은 Table 3과 같다.

셔말마네킹의 전체 표면적은 1.7804 m²로 각 부위별 체표면

Table 3. Manikin specifications

Thermal Manikin Specifications	Size
Height	175 cm
Weight	40 kg
Surface area	1.78 m ²
Circumference of Neck	39.3 cm
Length of Arm	66 cm
Circumference of Torso	94 cm
Circumference of Waist	82 cm
Circumference of Hip	94 cm
Length of Leg	84 cm

Table 4. Surface area and set surface temperature of manikin

No	Parts Section name	Surface Area (m ²)	Surface Temperature, °C
1	Head	0.1484	34.6
2	Upper Torso	0.3341	34.2
3	Lower Torso	0.2740	35.1
4	Right Upper arm	0.0867	34.1
5	Right Forearm	0.0631	34.1
6	Right Hand	0.0367	33.3
7	Left Upper arm	0.0895	34.1
8	Left Forearm	0.0631	34.1
9	Left Hand	0.0367	33.3
10	Right Thigh	0.1324	32.7
11	Right Calf	0.1143	32.3
12	Right Foot	0.0710	32.7
13	Left Thigh	0.1346	32.7
14	Left Calf	0.1184	32.3
15	Left Foot	0.0774	32.7
	Total	1.7804	Mean 33.72

적은 Table 4와 같다.

셔말마네킹은 15부위로 나누어져 있어 각 부위별로 전력이 공급되어 각각 독립적으로 온도 제어가 가능하다. 또한 각 부위마다 앞면과 뒷면에 온도센서가 부착되어 있어 평균값으로 한 부위의 온도를 나타낸다. 각 부위의 온도는 김 등(김명주, 최정화, 1997)이 제시한 한국 남성의 평균피부온을 사용하였다 (Table 4) 평균피부온은 각 부위의 표면적 값으로 나눈 표면적 가중 평균 피부온 값을 사용하였는데 본 실험에서 사용한 평균 피부온은 33.72°C이었다. 셔말마네킹 실험방법은 다음과 같다.

20°C, 65% RH로 조절된 인공기후실 중앙에 셔말마네킹을 설치하고 셔말마네킹 내부에 이미 설정된 각 부위의 피부온을 일정하게 유지하도록 전력이 공급된다. 이 마네킹에 실험하고자 하는 의복을 입고 인공기후실내 온도와 습도가 일정하게 되고 셔말마네킹의 피부온을 일정하게 유지하도록 공급되는 전력량이 일정하게 되면, 1분 간격으로 30분간 마네킹의 피부온, 기온, 소비된 전력량 등이 기록된다. 이 측정된 결과를 가지고 다음 식에 대입하여 의복의 전체 전열열저항치를 구하였다.

$$T_{\text{wd}} = \frac{\sum(T_i \times A_i)}{\sum A_i} \tag{1}$$

where,

T_{wd} = Weighted averaged temperature, °C

T_i = Zone temperature, °C

T_{amb} = Ambient temperature, °C

$$Q/A_{\text{wd}} = \frac{\sum(Q/A_i \times A_i)}{\sum A_i} \tag{2}$$

where,

Q/A_i = Zone heat flux, W/m²

A_i = Zone surface area, m^2

$$R_{wtd} = \frac{(T_{wtd} - T_{amb})}{Q/A_{wtd}} \quad (3)$$

where,

R_{wtd} = Weighted averaged thermal resistance, $m^2 \cdot ^\circ C/W$

3. 결과 및 고찰

직물의 구성이 상이한 앙상블 12종의 열저항치를 써멀마네킨을 이용, 인공기후실내에서 측정, 그 결과를 분석하였다.

3.1. 앙상블을 구성하는 직물의 물성

앙상블을 구성하는 직물의 기본 물성중 드레이프성, Cover factor, Bulk density, 보온율, 투습성, 공기투과도, 기공도 등을 측정하여 실험의 결과를 Table 5에 나타내었다.

Table 5를 보면 Cover factor와 Bulk density의 경우 능직과 주자직은 평직보다 다소 높았다. 또한 보온율은 평직이 능직 주자직보다 다소 높게 나타났는데, 이는 능직물, 주자직물의 교차 압 효과가 평직물에 비해 적어 공기를 함유할 수 있는 기공용적이 증가하였기 때문으로 이해된다. 또한 투습성, 공기투과도 및 기공도 또한 평직이 능직과 주자직보다 높았다. 이 원인은 직물구조특성상 평직이 능직이나 주자직물에 비해 표면에 노출

Table 5. Physical properties of fabrics for ensembles

No	Parts	Structure	Drape Coefficient	Cover Factor	Bulk Density (g/m ³)	KWR (%)	WVTR (g/m ² h)	Air Permeability, (cm ³ /min/cm ²)	MPD (μm)
1		Plain Weaves	0.3373	11.6	296.2	15.8	432.6	90	59.2
2	0.4035		13.8	380.0	8.9	336.3	35	33.7	
3	0.3699		11.6	311.2	15.3	380.7	37	36.5	
4	0.4128		13.8	408.7	7.8	352.7	18	15.1	
5		Twill Weaves	0.3711	17.1	328.3	13.2	308.3	29	25.2
6	0.3857		17.7	311.7	4.6	332.7	20	16.1	
7	0.4044		17.1	315.9	15.3	329.9	17	13.8	
8	0.3442		17.7	346.0	9.8	285.3	12	12.2	
9		Satin Weaves	0.3788	17.1	394.0	8.9	331.5	26	24.3
10	0.3881		17.7	372.1	8.7	320.3	14	16.7	
11	0.4431		17.1	399.0	9.3	350.3	12	15.7	
12	0.3964		17.9	402.7	7.1	298.5	12	15.9	

KWR=Keeping Warmth Ratio, WVTR=Water Vapor Transmission Rate, MPD=Mean Pore Diameter

Table 6. Thermal resistance of nude Manikin (No wind, 20, 65%)

Section name	Thermal resistance					Mean	Weighted Mean
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5		
Head	0.066	0.066	0.063	0.067	0.067	0.0658	0.005485
Upper Torso	0.073	0.071	0.072	0.071	0.074	0.0722	0.013549
Lower Torso	0.083	0.079	0.086	0.079	0.083	0.0820	0.012620
Right Upper arm	0.075	0.073	0.073	0.074	0.076	0.0742	0.003613
Right Forearm	0.074	0.074	0.074	0.074	0.075	0.0742	0.002630
Right Hand	0.091	0.09	0.093	0.091	0.088	0.0906	0.001868
Left Upper arm	0.066	0.063	0.067	0.064	0.065	0.0650	0.003268
Left Forearm	0.071	0.071	0.073	0.072	0.072	0.0718	0.002545
Left Hand	0.113	0.113	0.114	0.114	0.111	0.1130	0.002329
Right Thigh	0.087	0.082	0.088	0.081	0.084	0.0844	0.006276
Right Calf	0.081	0.077	0.078	0.077	0.077	0.0780	0.005008
Right Foot	0.082	0.081	0.082	0.08	0.081	0.0812	0.003238
Left Thigh	0.092	0.087	0.091	0.086	0.09	0.0892	0.006744
Left Calf	0.085	0.082	0.08	0.082	0.082	0.0822	0.005466
Left Foot	0.092	0.093	0.091	0.093	0.094	0.0926	0.004026
Mean R_a , m ² /W	0.07984	0.07737	0.07937	0.07744	0.07929	0.0786	0.0786
Mean I_a , clo	0.51	0.50	0.51	0.50	0.51	0.51	0.51
Std. Dev.	0.00357	0.00341	0.0036	0.0034	0.0036	0.0035	0.0035
Mean skin temp.(°C)	33.72	33.72	33.71	33.72	33.72	33.71	33.71
Air temp. (°C)	19.97	20.09	19.92	20.2	20.05	20.04	20.04

되는 사의 양이 적기 때문으로, 또한 능직, 주자직물의 직물구조가 치밀하게 구성된 원인으로 해석된다.

3.2. 앙상블 12종의 열저항치

써멀마네킹을 이용하여 측정한 누드마네킹(Nude manikin)의 열저항을 측정하였고, 그 결과를 Table 6에 나타내었다. 먼저 착의하지 않은 마네킹에는 마네킹 표면에 형성되어 있는 공기의 층이 존재하여 어느 정도의 열저항을 가지고 있다. 이를 공기저항층(air resistance)라 한다. 따라서 선행연구와 비교하고, 앙상블의 고유 열저항치를 구하기 위하여 착의하지 않은 상태, 즉 각 부위별 열저항치와 기증열저항치를(각 부위의 표면적을 각 부위의 열저항치로 나눈 값) Fig. 1에 나타내었다. 또한 앙상블 12종의 열저항치를 Table 7, Fig. 2, 3, 4에 나타내었다.

본 실험은 무풍상태(0.2 m/sec 이하), 20°C, 65% RH 조건에서 5번의 반복실험을 실시한 결과로 공기의 열저항치는 0.079 m²·°C/W로 나타났다. 선행연구의 결과에 의하면 0.129 m²·°C/W, 0.136 m²·°C/W, 0.112 m²·°C/W(McCullough, 1984)으로 본 측정치와는 다소 상이한 결과를 보인다. 그러나 앞에서 언급하였듯이 연구자마다 공기의 열저항치가 상이한 이유는 공기흐름의 방향, 공기의 교락 정도, 실험을 행한 챔버의 크기,

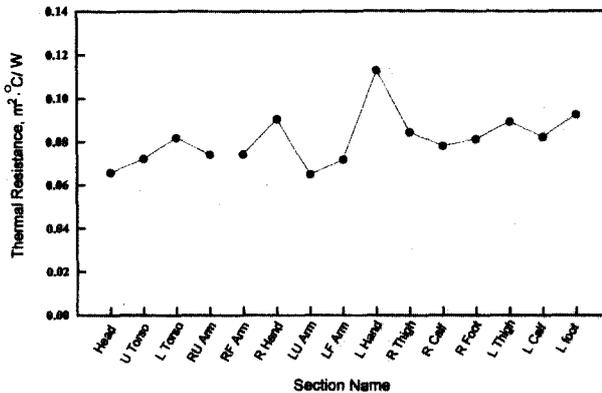


Fig. 1. Thermal resistance for 15 section of nude manikin.

Table 7. Thermal resistance of 12 ensembles

Items Ensembles	R _t , (m ² /W)	R _f , (m ² /W)	I _t (clo)	I _f (clo)	Weight (g)
1	0.2192	0.1406	1.41	0.90	998
2	0.2079	0.1293	1.34	0.83	971
3	0.2076	0.1290	1.34	0.83	998
4	0.2080	0.1294	1.34	0.83	1,012
5	0.2297	0.1511	1.48	0.97	1,186
6	0.1983	0.1197	1.28	0.77	1,133
7	0.2209	0.1423	1.43	0.92	1,208
8	0.2261	0.1475	1.46	0.95	1,153
9	0.2181	0.1395	1.41	0.90	1,322
10	0.2294	0.1508	1.48	0.97	1,315
11	0.2168	0.1400	1.40	0.89	1,298
12	0.2098	0.1312	1.35	0.84	1,267

실험에 사용된 써멀마네킹의 표면적 등이 상이하기 때문으로 생각된다

Fig. 2는 앙상블 12종의 각 부위별 열저항치를 나타낸 것이고 Fig. 3은 앙상블 12종의 각 부위별 기증열저항치를 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 제작조건이 상이한 앙상블 12종의 각 부위별 열저항치는 거의 비슷하며 다만 가슴과 배 부분만이 약간의 차이를 보일 뿐이다. Fig. 4는 12 종류의 앙상블의 평균 기증 열저항치를 나타낸 그림인데 앙상블의 열저항치는 0.77 clo-0.97 clo의 범위에 있으며 각 앙상블간의 차이

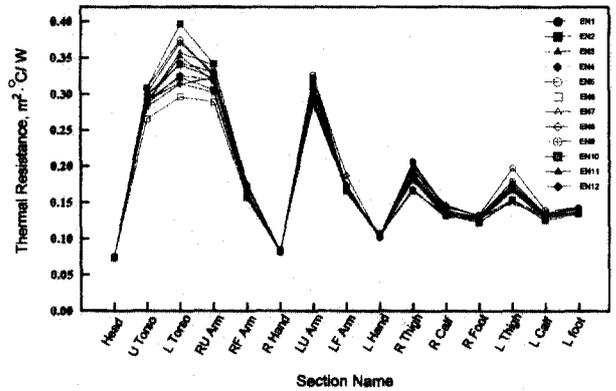


Fig. 2. Thermal resistance for 15 sections of 12 ensembles.

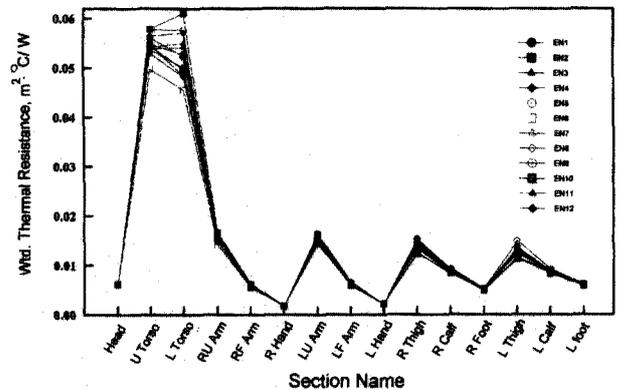


Fig. 3. Wtd. thermal resistance for 15 sections of 12 ensembles.

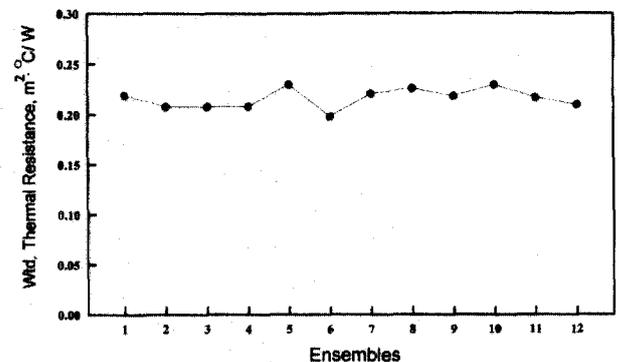


Fig. 4. Wtd. thermal resistance of 12 ensembles.

는 거의 없었다. 선행연구(전병익, 송민규, 1998)에서는 앙상블을 구성하는 직물의 열저항치를 측정하였는데 직물의 경우에도 각 직물간의 차이는 크게 없었다. 또한 직물과 그 직물로 제작된 의복의 열저항치간의 상관성을 조사한 결과 어떤 상관관계도 나타나지 않았다. 이는 직물의 열저항치를 이용하여 의복의 열저항치를 예측하기는 어렵다는 의미이다.

앙상블 12종간의 열저항치 차이가 거의 없는 이유는 앙상블 12종 모두 동일 소재, 즉 100% 양모를 사용하였고 변수는 1/30's, 1/40's, 2/60's 및 2/80's, 위사밀도는 49~86 picks/in, 두께는 0.39~0.7 mm 등의 제직 조건이 그다지 큰 차이가 없기 때문에 이 직물들로 구성된 의복의 열저항치간의 차가 거의 없다고 생각된다. 일반적으로 능직이나 주자직의 열저항치가 평직의 열저항치보다 높을 것으로 생각되지만 본 연구결과 동일한 소재를 사용한 경우에는 조직에 관계가 적다는 것을 알았다. 그러나 평직으로 제작된 의복의 무게는 능직과 주자직으로 제작된 의복보다 낮은 값을 보였다(Table 1).

4. 결 론

100% 모직물을 시료로 하여 조직, 밀도, 변수가 상이한 직물을 단계적으로 제작후, 동일한 디자인으로 봉제하여 남성용 앙복 12종을 제작하였다. 이 앙복에 일상적으로 사용되고 있는 와이셔츠, 속옷, 양말 등의 의복과 함께 앙상블을 구성하여 이들의 온열특성을 규명하고자 온도, 습도 등 자연환경을 인위적으로 조절한 인공기후실 내에서 써멀마네킹을 이용하여 앙상블의 열저항치를 구하였다. 먼저 앙상블을 구성하는 직물의 기본물성중 드레이프성, Cover factor, Bulk density, 보온율, 투습성, 공기투과도, 기공도 등을 측정하여 의류직물에서 열전달특성에서 의복착용에 미치는 중요인자를 분석하였다. 또한 이 12종의 앙상블에 대한 열저항치를 분석하여 의류직물의 온열특성에 미치는 영향을 규명하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 보온율은 평직이 능직 주자직보다 높게 나타났으며, 투습성, 공기투과도 및 기공도에서도 평직물이 능직과 주자직물보

다 높게 나타났다.

2. 앙상블의 평균 가중 열저항치 평가에서 앙상블의 열저항치는 0.77 clo~0.97 clo의 범위를 나타냈다.

3. 앙상블 12종 열저항치는 동일 소재의 경우, 조직, 변수, 밀도 등 제직조건과 열저항치와의 상관성이 적음을 보였다.

감사의 글: 본 논문은 2000학년도 영남대학교 학술연구조성비 지원에 의한 것임.

참고문헌

- 전병익 · 송민규 (1995) 직물의 물리적 특성에 따른 쾌적성연구, '96 연구보고서, KTDI, 33-71.
- ASHRAE (1989) ASHRAE Hand book. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineer, Inc., Atlanta.
- E. A. McCullough and B. W. Jones (1984) A comprehensive data base for estimating clothing insulation. Technical Report 84-01, Kansas State University.
- O. Seppanen, P. E. McNall, D. M. Munson, C. H. Sprague (1972) Thermal insulating values for typical indoor clothing ensembles, ASHRAE Semiannual Meeting, New Orleans, La., Jan. 23-27. American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards, 7.01 (1997).
- Kim M. J. and Choi. j. W. (1997) Monthly changes of skin temperature in Koreans by sexes and ages. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 21, 314-324.
- O. Seppanen, P. E. McNall, D. M. Munson, C. H. Sprague (1972) Thermal insulating values for typical indoor clothing ensembles. ASHRAE Semiannual Meeting, New Orleans, La., Jan. 23-27.
- B. W. Olesen (1985) A Simpler method for estimating the thermal insulation of a clothing ensemble. ASHRAE Transaction, 91, part2B, 472.
- Song M. K. and Jun B. I. (1998) The effect of air velocity on the thermal resistance of wool ensembles. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 22, 565-674
- Song M. K. and Jun B. I. (1999) Thermal characteristics of men's suit ensembles. *J. Kor. Soc. Cloth Ind.* 1, 264-274

(2000년 12월 8일 접수)