

한국산 Zeolite의 필터 첨가제로서의 흡착효과에 관하여

양 광 규 · 송 치 현 · 김 찬 호*

한국연초연구소 재료부, 화학분석부*
(1980. 2. 10 접수)

A Study on the Adsorption Effect of Korean Zeolite "Clinoptilolite" as Cigarette Cavity Filter Additive.

Kwang-Kyu Yang, Chi-Hyeun Song, Chan-Ho Kim*

Div. of Materials, Div. of Chemical Analysis*

Korea Tobacco Research Institute

Seoul, Korea

(Received Feb. 10, 1980)

초 록

Zeolite의 일종인 clinoptilolite를 담배필터 첨가제로 활용하는 연구를 하였다.

입자크기 30 ± 5 A. S. T. M. mesh의 clinoptilolite와 charcoal 1 : 1 (V/V)로 혼합하여 삼중 필터의 cavity부분에 충전했을 때,

1. Cellulose acetate필터에 비하여 nicotine 35%, T. P. M. 22%를 감소시켰으며,
2. Gas phase중 n-amyl alcohol등 aliphatic compound와 furan등 cyclic compound를 cellulose acetate filter에 비하여 $60 \pm 5\%$ 를 감소시켰다.
3. Charcoal의 removal efficiency는 40-50%로 clinoptilolite의 10-20%에 비하여 큰 값이었지만 charcoal은 분자량이 큰 aromatic compound의 removal efficiency가 $50 \pm 5\%$ 로서 aliphatic compound의 removal efficiency $40 \pm 5\%$ 보다 큰 값이었음에 비하여 clinoptilolite는 alcohol과 ketone계열의 분자량이 작은 화합물의 removal efficiency가 15-20%로 cyclic compounds의 removal efficiency 10-15%에 비하여 보다 큰 값이었다.

이 두물질의 gas phase성분의 흡착기능은 상호 보완적임을 알 수 있었다.

Abstract

The cavity of triple filter was filled with the mixture of clinoptilolite and charcoal(1:1, V/V).

The particle size of clinoptilolite was 30 ± 5 A.S.T.M. mesh. The reduction effects of the important gaseous components by this mixture were obtained as follows:

- 1) In comparison with the normal cellulose acetate filter, the contents of nicotine and T.P.M. were reduced about 35% and 22% respectively.
- 2) Many aliphatic and cyclic compounds were also substantially reduced in an average of 60%.
- 3) In contrast with the charcoal, the removal efficiency of clinoptilolite was revealed as higher (15—20%) in case of aliphatic compounds than the one (10—15%) of cyclic compounds.

The above results showed us that the removal function of gaseous components was quite complementary each other (charcoal and clinoptilolite).

1. 서 론

필러(cigarette)의 필터첨가제(filter additive)는 널리 실용이 되고 있는 charcoal(10, 12, 14, 16)을 비롯하여 silica gel(9) diatomaceous earth(8), aluminum silicate 계열(13, 15), magnesium silicate(1), 이온교환수지(ion exchange resin)(10) 들이라고 할 수 있다.

이들이 가지고 있는 공통성은 입자의 표면적을 최대로 이용한 점인데 Reynold(7)가 지적한 바와 같이 담배연기중의 particulate matter를 흡착현상에 의해 제거하는 흡착효과(adsorption effect)를 기대하거나 물리적인 현상(4)에 의하여 제거하는 효과를 기대한 것이라고 할수 있다.

이외에도 그 물질이 가지고 있는 화학적인 반응특성을 이용하여 연기중의 유해성분에 대하여 선택적 제거기능을 부여한 것이 있으며 zeolite와 이온교환수지가 이에 해당할 것이다.

Silica gel과 silicate 계열의 필터 첨가제는 연기중의 gas phase를 흡착한 뒤에 파쇄, 팽창(expansion)과 같은 물리적인 현상이 일어나서 원형태의 변형이 예상되지만 zeolite는 aluminium oxide와 silicon oxide가 서로 3차원적인 결합형식을 취하고 있기때문에 이들 연기성분의 흡착전후 형태의 변형이 우려되지 않는다.

합성zeolite(11)는 흡착기능의 선택성을 좌우하는 pore size와 particle size를 인위적으로 조정할 수 있는 장점을 가지고 있지만, 합성에 소요되는 기술적 경제적인 문제가 없지않다.

이 연구는 우리나라 동해안에서 산출되는 zeo-

lite의 일종인 clinoptilolite를 담배제조산업에서 필터첨가제로서 활용할 수 있을 것인가 하는 점에 대하여 검토하였다.

이 zeolite는 구조해석 연구가 진행중인 천연물이며 pore size가 3.5 Å(2)으로 알려져 있어서 분자반경이 큰 화합물에 대하여는 분자체(molecular sieve)기능이 작을 것으로 보인다. 또한 chemical composition은 $(Na_2, K_2)O \cdot Al_2O_3 \cdot 10SiO_2 \cdot 8H_2O$ 로 결정수가 있기때문에 수분과 친화성이 높은 알콜 같은 것이 많이 용해될수 있으리라 기대된다. 따라서 본 연구에서는 선택적인 여과기능이 작을 것으로 보이지만 pore size가 14 Å에 이르는 charcoal을 zeolite의 보충재료로 사용하여 filter additive로서의 효과를 고찰하고자 한다.

2. 실험 및 방법

a. 실험용 재료

이 연구에 사용된 clinoptilolite는 경북 영일군 지행면 신계리 태곡광장에서 산출되는 광석을 1차로 분쇄하여 입도별(A. S. T. M. mesh)로 분급한 다음, 미세분말을 씻어버리고 수분을 속히 건조하기 위하여 온도를 높여 200°C에서 4시간 건조하였다. 건조가 끝난 입상시료는 밀폐용기에 보관하였다.

보조재료로 사용한 charcoal은 불란서 PICA 회사것으로서 비표면적(specific surface area) 900—1,000 m²/g 입도는 30 ± 5 mesh(A. S. T. M)의 것을 사용하였다.

Cellulose acetate 필터를 제조하기 위한 tow는 2.9/40,000 denier를 사용하였으며 가소제는 triacetin 10%를 사용하였다.

삼중필터(triple filter)의 한 부분을 이루는 종이필터로는 crimped cellulose를 사용하였다.

기체상의 흡착효과를 실험하기 위하여 품질이 나쁜 담배가 포함된 황색증 담배(flue-cured) 80%와 기타 담배 20%로 각폭 0.9mm의 각초로 하였고 각초의 내용과 이에 필요한 각재료는 각 실험실에서 같은 조건으로 하였다.

b. 사용장치

Cellulose acetate 필터푸라그 제조기는 Hauni KDF 2를, 종이필터(crimped cellulose plug)는 필터푸라그 제조기 Molins MK 4를, 삼중필터푸라그 제조기(cavity filter plug making machine)는 Molins double action plug tube combine machine(D. A. P. T. C. M)을, 그리고 담배제조는 켈련제조기 Moline MK 9을 사용하였다.

연기분석에 사용된 썬연장치는 philip Morris의 자동썬연장치를 연기중 gas phase 분석에는 Grob형 썬연장치(1 channel)를 이용하였으며, 기체상 분석은 gas chromatograph(Hewlett-packard 5710 A)를 사용하였고 각성분의 정량은 computer(Hewlett-packard computer 3350)를 사용하였다. 이때 glass capillary coulumn은 길이 100m 내경 0.5mm짜리를 이용하였으며, 정지상(stationary phase)은 ucon 5100을 사용하였다.

이외의 장치는 일반 담배연구실에서 사용이되고 있는 소형 계측기를 사용하였다.

c. 실험

- 실험용 필터의 제조

Cellulose acetate 필터는 길이 8mm, 원주(circumference) 24.8mm로 제조하였으며, 제조한 필터프러그의 흡인저항은 20mmH₂O였다.

또한 crimped cellulose filter의 길이는 10mm 원주 24.8mm가 되도록 제조하였고, 제조된 필터프러그의 흡인저항은 17mmH₂O이었다. 그리고 위

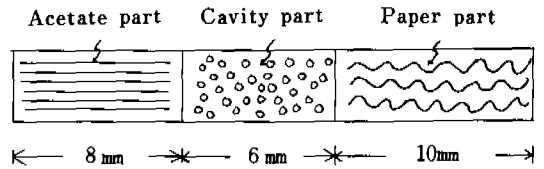


Fig. 1. Schematic diagram of cavity filter.

에서 제조한 acetate filter와 종이filter를 각각 앞부분과 뒷부분으로 하고 cavity부분을 중간에 위치하게 Fig. 1과 같이 cavity 필터를 제조하였다. 이때 cavity에 들어가는 clinoptilolite와 charcoal은 입도에 따라 흡인저항이 달라지므로 높이 6mm×원주 24.8mm의 원통형에 additive를 D. A. P. T. C. M. 기를 이용 균일하게 충전하였다. Cavity 필터의 적정 흡인저항을 구하기 위하여 clinoptilolite를 입도(particle size)별로 Fig. 1의 cavity부분에 충전하고, 흡인저항을 측정하였으며, 이렇게하여 구한 clinoptilolite의 입자시료를 cavity part에 충전하여서 각 실험용 필터를 제조하였다.

Cavity 부분의 다른 충전물로서 사용한 charcoal은 위에서 구한 입자크기와 같은 입자의 것으로 필터를 제조하였으며 두가지 충전물의 혼합비율은 Table 1과 같이 하였다.

Table 1. Ratio of Additive in Cavity Part.

Sample No.	% (V / V)	
	Clinoptilolite	Charcoal
A	100	0
B	80	20
C	50	50
D	20	80
E	0	100

- Cavity 필터를 부착한 켈련 제조 :

위의 각초시료는 수분함량 12%로 조절하고 다른 조건은 시판 켈련제조시와 같게하여 Molins MK 9 켈련제조기로 필터를 부착한 켈련을 제조하였다.

- 연기중 T. P. M. 과 Nicotine 분석 :

연기중의 T. P. M. 은 CORESTA Standard method No. 10의 방법으로 정량분석하였으며,

연기중 nicotine은 CORESTA Standard Method No.12의 방법에 의해 정량 분석하였다.

- 기체상 분석 :

Cavity 필터를 부착한 쉘련을 온도 20°C, 습도 RH 60-65%의 조화실에서 48시간 조화하였으며 쉘련의 무게가 ±20mg이내의 것을 선별하고 다시 선별한 쉘련의 흡인저항이 ±5 mmH₂O이내의 것을 선별하였다.

선별과정에 수분조건이 변할수 있으므로 선별한 쉘련시료를 재차 위와 같은 조건에서 48시간 조화를 하였고, 조화한 쉘련시료를 깍연 장치에서 1회에 35ml/sec. 6회에 걸쳐 깍연하여 담배연기를 포집한 다음 G.C. sample 주입구에 투입시켜 정확하게 2ml를 column에 들어가도록 하였다.

G.C.의 분석에 들어가기전에 methane gas를 2ml투입분석한다. 이것을 세번 반복하여 peak 면적을 비교, 오차가 0.5%이내일때 담배연기 분석용 기체상을 투입 분석하였으며 G.C조건은 다음과 같이 하였다.

Detector : F.I. D.

Carrier Gas : N₂

Carrier Gas flow rate : 1.2ml/min.

Column 온도 : -20°C / 6min. -90°C

액체질소를 oven에 넣어서 6분동안에 -20°C까지 냉각하고 2.2°C / min.씩 온도를 승온하여 90°C까지 올라가도록 program 하였다.

Injector 온도 : 100°C

Detector 온도 : 300°C

같은 쉘련시료를 4회 반복해서 실험을 실시하고 각 성분해당하는 peak에 대하여는 computer를 사용하여 면적법으로 계산하여 각 성분을 정량하였다.

- 킥미평가 :

한국연초연구소 킥미평가(panel test)반 10명에게 같은 배합 제품으로 acetate필터를 부착한 쉘련을 표준품으로 하고 cavity필터를 부착한 쉘련을 비교품으로 하여 1대 비교법으로 킥미를 시험평가하였다.

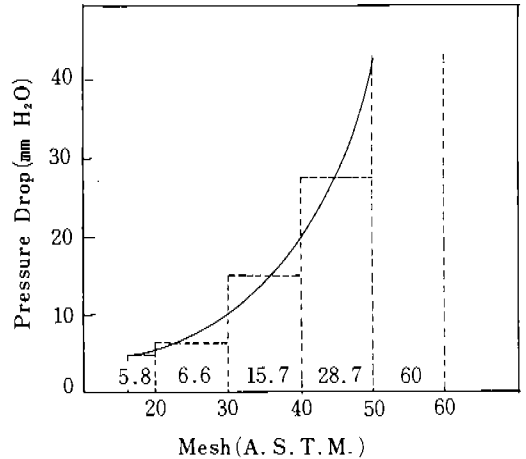


Fig.2. Pressure drop of cavity filters of different particle size (A. S. T. M. mesh)

* Cavity filter length : 6 mm

Circumference : 24.8mm

3. 결과 및 고찰

Clinoptilolite의 입자를 cavity부분에 충전했을때의 흡인저항을 측정된 결과는 Fig. 2와 같았다.

Fig.2에서 보면 16-20mesh에 해당하는 입자를 충전했을때, 5.8mmH₂O였으나 40-50mesh의 입자를 cavity에 충전했을때는 28.7mmH₂O로 급격히 증가하는 현상을 나타내었다.

일반 시판쉘련필터의 흡인저항을 보면 45-55 mmH₂O(6)로서 cavity filter중 acetate 부분의 흡인저항 20mmH₂O와 paper부분의 흡인저항 17mm H₂O를 고려하면 cavity부분의 적정 흡인저항은 8-18mmH₂O로 생각되고 Fig.2에서 이 범위에 들어가는 clinoptilolite 입자의 크기는 25-35 A. S. T. M. mesh의 범위에 해당하였다. 따라서 cavity부분의 첨가제는 30±5 mesh의 입자의 크기가 적당한 것으로 보이며 다음의 몇가지 실험에서는 30±5 mesh의 입자를 기준으로 하였다.

첨가제로 사용한 clinoptilolite와 charcoal의 혼합비율을 달리하면서 cavity필터를 제조하고, 이 필터를 같은조건의 쉘련에 부착하여 연기중의 T. P. M.과 nicotine을 분석한 결과 Table 2와 같았다.

Table 2. T.P.M. and Nicotine Delivery by Using Different Cavity Filters.

Sample type	T. P. M.		Nicotine	
	measured Value (mg/cig.)	reduction (%)	measured value (mg/cig.)	reduction (%)
Acetate filter (control)	16.7	0	1.27	0
A	13.3	20.4	0.88	30.7
B	12.9	22.8	0.86	32.3
C	13.0	22.2	0.82	35.4
D	13.1	21.6	0.91	28.3
E	13.0	22.2	0.94	26.4

Cavity 필터에 의한 기체상 감소효과를 비교하기 위하여 acetate 필터를 기준으로 하였다.

Table 2에서 acetate 필터를 사용했을때 T.P.M 은 16.7mg/cig.였으나 clinoptilolite 100%로 제조한 cavity 필터 Sample A는 13.3mg/cig. 였고, 점차 charcoal의 혼합비율을 높여서 charcoal 100%인 Sample E까지는 12.9-13.3mg/cig.로서 acetate 필터에 비하여 3.4-3.8mg/cig.를 cavity 필터가 보다 많이 감소하는 결과를 보였다. 아세테이트 필터에 대한 cavity 필터의 감소비율은 20.4-22.8%였으며 clinoptilolite 80%와 charcoal 20%의 비율로 혼합하여 제조한 Sample B를 사용했을때 22.8%로서 가장 큰 값을 보였다. 연기중의 nicotine을 보면 acetate 필터가 1.27mg/cig. 였음에 비하여 cavity 필터는 0.82-0.94mg/cig.로서 acetate 필터에 비하여 26.0-35.4%를 보다 많이 감소하는 결과를 보였으며 clinoptilolite 50%와 charcoal 50%의 비율로 혼합한 Sample C일때 35.4%의 감소비율을 보여서 가장 큰 값이었다. Sample C의 T.P.M. 감소비율은 가장 큰 값을 보인 Sample B에 비하여 0.6%가 작은 22.2%였으나, nicotine 은 Sample B에 비하여 3.1%가 큰 값인 35.4%이었다.

두가지 성분의 감소비율을 고려하면 Sample C의 첨가제 혼합비율이 가장 바람직한 것으로 생각된다. 연기중 nicotine과 T.P.M.의 실험결과와 껍미를 관련하여 고찰하기 위하여 껍미평

가를 한 결과, Table 3 과 같았다.

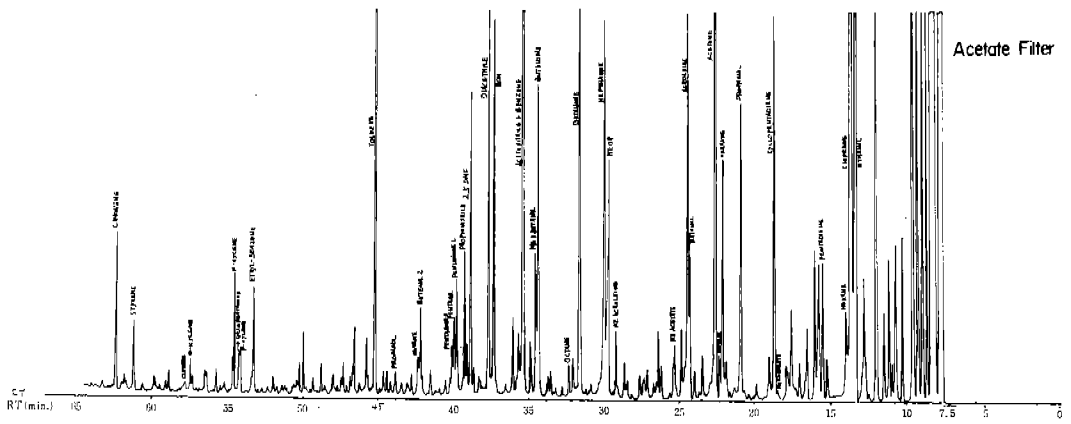
Table 3. Result of panel Test.

Sample Type	No. of Satisfactory Persons (panel persons:156)	Ranking
Acetate filter	16	5
A	21	4
B	28	3
C	33	1
D	28	3
E	30	2

연기중의 nicotine 과 T.P.M.의 실험결과와 같이 껍미평가에서도 Sample C의 순위(rank-ing)가 1위였으며 Sample B, D. 및 E가 비슷하였고 acetate 필터를 부착한 필련이 가장 나쁘게 나타났다.

연기분석 결과와 껍미평가 결과에 따라 가장 우수한 cavity 필터로 보이는 Sample C 즉, clinoptilolite 50%와 charcoal 50%의 비율로 혼합한 cavity 필터를 부착한 필련과 acetate 필터를 부착한 필련 연기의 chromatogram 은 Fig. 3 과 같았다. Fig. 3에서 acetate 필터와 cavity 필터를 사용한 필련 연기의 각성분에 대한 peak를 보면 acetate 필터를 사용했을때 보다 cavity 필터를 사용할때에 전반적으로 작아졌음을 알수 있었다.

Table 4는 이들 두종류의 필터를 사용한 필련



Column : 100m × 0.5mm glass capillary column
 Programmed temperature : -20°C - 90°C
 Carrier gas : N₂

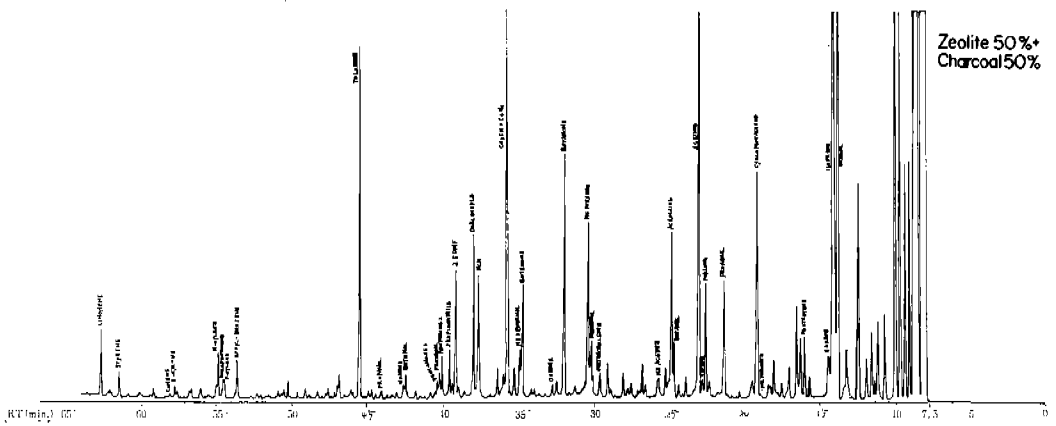


Fig.3. Gas Chromatogram of the gaseous phase in cigarette smoke with glass capillary column.

의 기체상 성분을 G.C를 이용 정량적으로 비교한 것이다.

Table 4의 Type C filter를 보면 acetate 필터에서 감소되지 않은 성분으로서 100 µg/cig를 넘는 propionaldehyde, acetone을 cavity 필터를 사용 했을 때 59.8 - 62.1%까지 감소시킬 수가 있었으며 propionitrile의 경우는 64.7%까지 감소하였다. 몇가지 물질을 제외하면 acetate 필터를 통과한 연기에 대하여 cavity 필터의 감소율은 거의 60%수준을 유지하였다.

위의 기체상 분석결과를 고찰키 위하여 Table 4를 기준으로 clinoptilolite 50%와 charcoal 50%일 때 같은 부피인 두물질의 감소효과를 비교하면 Table 5와 같았다.

Table 5에서 clinoptilolite의 감소효과 Zr은,

$$Zr = \frac{Za}{2}$$

Za = Reduction efficiency by type A filter (clinoptilolite 100%)를 취하였으며 charcoal의 감소효과 Cr은,

$$Cr = C - Zr$$

C : Total reduction efficiency by type C filter.

를 취하였다.

Cavity 필터는 Fig. 1에서 구조를 설명한 바와 같이 filter tip 길이 24mm 중 acetate 필터부분이 8mm였다. 따라서 Table 4와 5에서 acetate 필터와 cavity 필터의 효과의 차이는 acetate 필터부

Table 4. Compounds in Gas Phases of Cigarette Smokes.

Compound	Acetate Filter ($\mu\text{g}/\text{cig.}$)	Type A Filter ($\mu\text{g}/\text{cig.}$)	Type C Filter ($\mu\text{g}/\text{cig.}$)	Reduction Rate (%)
n-Amyl alcohol	7.80	4.71	2.60	66.6
Iso-Amyl alcohol	22.65	14.15	8.07	64.4
Propionaldehyde	179.04	127.89	71.59	59.8
n-Buthylaldehyde	18.95	13.15	7.10	62.5
Acrolein	77.24	63.03	32.25	58.2
Acetone	208.71	127.49	79.07	62.1
Methyl ethyl ketone	59.04	35.07	20.83	64.7
Methyl propyl ketone	10.88	6.10	3.74	65.6
Diethyl ketone	4.06	2.31	1.43	64.7
Butenone	42.18	28.22	15.55	63.1
Cyclopentanone	2.74	1.81	1.28	53.3
2,3-Butadione	50.03	30.58	19.35	61.3
Methyl formate	2.79	1.98	1.18	57.7
Methyl acetate	14.06	10.69	5.59	60.2
n-Hexane	11.77	8.95	4.80	59.2
n-Heptane	3.52	2.65	1.39	60.5
n-Nonane	3.11	1.88	1.03	66.8
Propionitrile	14.61	8.60	5.15	64.7
Furan	20.49	15.82	9.13	55.4
2-Methyl furan	31.69	25.29	15.06	52.5
2,5-Dimethyl furan	25.27	18.70	9.64	61.8
Toluene	50.50	36.53	17.13	66.1
Ethyl benzene	6.94	5.07	2.45	64.7
o-Xylene	1.97	1.50	0.71	64.0
m-Xylene	11.60	8.62	4.09	64.7
P-Xylene	2.99	2.13	1.00	66.5
Styrene	4.11	3.21	1.42	65.4
Cumene	0.88	0.88	0.31	64.7
Limonene	12.74	4.11	5.13	59.7
Isoprene	260.83	217.38	111.28	57.3

본의 길이를 뺀 16mm내에서 일어났던 효과의 차이라고 할수 있을 것이다. 그러나 나머지 16mm에는 종이필터 부분10mm가 포함되어 있으므로, 이 길이에 해당하는 acetate필터 10mm와의 효과, Ar와의 차이 Δr 가 포함되고 있는것이다.

$$\Delta r = Ar - Pr$$

Pr : 종이필터 부분10mm의 효과.

그러나 첨가제로서 clinoptilolite 100%를 사용했을 때와 clinoptilolite 50%와 charcoal 50%의 비율로 사용했을때에 다같이 종이필터부분은 10mm였으므로 두종류의 첨가제 효과 Zr와 Cr에 $\frac{\Delta r}{2}$ 의 값이 상수로서 작용하고 있기때문에 Ta-

Table 5. Removal Efficiency of Various Components by the Additive Materials.

Compound	Zr Value	Cr Value
n-Amyl alcohol	19.8	46.8
Iso-Amyl alcohol	18.8	45.6
Propionaldehyde	14.3	45.5
n-Buthylaldehyde	15.3	57.2
Acrolcin	9.2	49.0
Acetone	19.5	42.6
Methyl ethyl ketone	20.3	44.4
Methyl propyl ketone	22.0	43.6
Diethyl ketone	21.6	43.1
Butenone	16.6	46.4
Cyclopentanone	17.0	36.3
2,3-Butadione	19.5	41.8
Methyl formate	14.5	43.2
Methyl acetate	12.0	48.2
n-Hexane	12.0	47.0
n-Heptane	12.4	48.1
n-Nonane	19.8	47.0
Propionitrile	20.6	44.1
Furan	11.4	44.0
2-Methyl furan	10.1	42.4
2,5-Dimethyl furan	13.0	48.8
Toluene	13.8	52.3
Ethyl benzene	13.5	51.2
o-Xylene	12.0	52.0
m-Xylene	12.9	51.8
p-Xylene	14.4	52.1
Styrene	11.0	54.4
Cumene	18.8	45.9
Limonene	10.3	49.4
Isoprene	8.3	49.3

Zr : Removal efficiency by clinoptilolite.

Cr : Removal efficiency by charcoal.

Table 5에서 Zr와 Cr의 값에 대하여는 비교 고찰할 수 있을 것이다.

Table 5에서 Cr의 값을 보면 몇가지 화합물을 제외하고는 aliphatic compound는 40-50%

로 거의 비슷한 수준의 효과를 보였고 aromatic compound는 55-55%의 효과를 보여서 cyclic compound의 감소효과가 대체로 큰 값이었다.

Charcoal첨가제는 물리적흡착에 의하여 기체상 성분을 여과하기 때문에 증기압이 낮은 cyclic compound의 경우가 증기압이 큰 aliphatic compound보다 많은 양이 흡착될 것으로 기대되었다. 그러나 Table 2에서 증기압이 낮고 semivolatile component에 속하는 nicotine은 charcoal 50% 비율로 혼합한 Type C filter에서 감소비율이 가장 높고, 50%에서 100%로 charcoal 혼합비율이 증가할수록 오히려 낮은 값이어서 증기압이 낮은 cyclic compound의 여과효과가 반대되는 경향이었으나, 이 실험에서 비점이 가장 높은 기체상성분은 136°C (limonene)이하이므로 비점이 248°C인 free nicotine은 semivolatil한 particulate matter로서 연기층에 이행되고 있으며 Gerald Morie가 지적한 배(5)와 같이 기체상 성분과 particulate matter의 여과가 독립적으로 일어나고 있다는 지적과 같은 결과를 보여주고 있었다.

이에 비하면 Zr의 값은 10-20%의 범위에 있었지만 몇가지 유형별로 여과효과를 나누어서 생각할 수 있었다.

Aliphatic alcohol과 ketone계열의 화합물은 15-20%으로서 비교적 높은 값이었고, aldehyde, ester, furan 그리고 aromatic compound는 10-15%로 나타내었는데 이러한 현상은 clinoptilolite가 가지고 있는 porosity에 의한 physical adsorption으로도 여과가 기대되지만, 강한흡수력(결합수) 때문에 연기층의 수분을 흡수하고 이 수분과 친화력이 강한 물질들이 용해하는 현상과 화학반응에 의해 여과가 되는 결과라고 생각이 된다. 물론 clinoptilolite입자 표면에 의한 몇가지 물리적인 흡착을 이 경우에도 배제할 수는 없다.

그리고 분자반경이 작은 화합물과 극성화합물이 대체로 큰 값을 보이고 isomer나 cyclic compound는 작은 값을 가졌는데, 이러한 현상은 위에서 언급한 clinoptilolite의 특성도 고려가 되나, 이 물질이 가지고 있는 분자체(molecular

sieve)와 극성에 따라 친화력이 큰 분자에 대하여 선택적으로 여과시키고 있음을 간접적으로 시사하는 결과라고 생각된다.

Zr에 비하여 Cr의 값이 큰값을 가지지만, 물질의 여과현상은 반대의 경향이었으며 서로 보완적 관계에 있음을 보여 주었다.

사외: 본 실험을 위하여 많은 협조를 하여 주신 스위스Baumgartner회사 Dr. J. Bonette 이하 여러 직원에게 감사드린다.

참 고 문 헌

1. Baumgartner papiers S. A., Selex-4 Switzerland.
2. Chon H. Z., and K. Seo., J. Korean Chem. Soci., Vol 20, No. 6 P. 469 (1976).
3. 原伸宜, 高橋浩, ゼオライト基礎と應用, 講談社 P. 89-110 (1978).
4. Keith C. H., 32nd T. C. R. C. 1978 Montreal, Canada.
5. Morie. G. P., Pro. Amer. Chem. Soc. Symp. P. 553-583 (1977).
6. 南基桓, 裴孝元, 鄭厚燮, 趙成鎮, 崔承允, 許溢, 신제연초학, 향문사, P. 44 (1971).
7. Reynold. M. L., 32nd T. C. R. C., Oct. 30, (1978) Montreal, Canada
8. Schmitz, J. B., U. S. Pat. 3, 608, 563 (1971).
9. U. S. Pat. 2, 834, 354 (1958).
10. U. S. Pat. 2, 815, 760 (1957).
11. U. S. Pat. 2, 839, 065 (1958).
12. U. S. Pat. 2, 881, 770 (1959).
13. U. S. Pat. 3, 650, 279 (1972).
14. U. S. Pat. 3, 658, 069 (1972).
15. U. S. Pat. 3, 987, 800 (1976).
16. U. S. Pat. 4, 062, 368 (1977).