

碩士學位論文

국산 활성탄관 개발을 위한
활성탄 성능 시험에 관한 연구

2006年

漢城大學校 安全保健經營大學院

産業保健工學科

産業衛生工學專攻

金 炳 秀

碩 士 學 位 論 文
指導教授 朴杜用

국산 활성탄관 개발을 위한
활성탄 성능 시험에 관한 연구

Study on the test of activated charcoal's capacity
for development of sampling charcoal tubes in Korea

2005年 12月

漢城大學校 安全保健經營大學院

産業保健工學科

産業衛生工學專攻

金 炳 秀

碩 士 學 位 論 文

指導教授 朴杜用

국산 활성탄관 개발을 위한
활성탄 성능 시험에 관한 연구

Study on the test of activated charcoal's capacity
for development of sampling charcoal tubes in Korea

위 論文을 産業衛生工學 碩士學位論文으로 提出함

2005年 12月

漢城大學校 安全保健經營大學院

産業保健工學科

産業衛生工學專攻

金 炳 秀

金炳秀의 産業衛生工學碩士學位論文을 認准함

2005年 12月

심사위원장 (인)

심 사 위 원 (인)

심 사 위 원 (인)

목 차

List of Tables	ii
List of Figures	iii
I. 서 론	1
1. 연구배경	1
2. 연구목적	5
II. 시험물질 및 연구방법	6
1. 시험 재료	6
1.1. 시판 중인 활성탄관	6
1.2. Aldrich 활성탄	6
1.3. 파과실험용 활성탄관	6
2. 가스발생장치를 이용한 공기시료 제조	7
3. 시험물질 선정	9
4. 실험 방법	9
4.1 시료채취방법 및 분석	9
4.2 파과곡선식과 활성탄의 흡착용량의 계산	11
III. 연구결과	13
1. 각 활성탄관 별 파과 시간	13
1.1 SKC 활성탄	13
1.2 Aldrich 활성탄	15
2. 활성탄 흡착용량 및 흡착율계수 비교	16
IV. 결 론	20
참고문헌	21
Abstract	23

List of Tables

Table 1. Operating Condition of Gas Chromatography	10
Table 2. Break through time though SKC charcoal	14
Table 3. Breakthrough time for the Aldrich charcoal	15
Table 4. The equilibrium adsorption capacity(we) and adsorption rate coefficient(kv) values for carbon tetrachloride	17
Table 5. Adsorption capacity(we) for each charcoal	18

List of Figures

Figure 1. Schematic of the experimental apparatus and system.	8
Figure 2. Breakthrough curve for charcoal from the SKC charcoal tubes.	14
Figure 3. Breakthrough curve for the Aldrich charcoal.	16
Figure 4. Adsorption capacity(we) for each charcoal.	18
Figure 5. Break through curve though each charcoal	19

I. 서 론

1. 연구배경

유기용제는 탄소를 함유하고 있는 유기화합물로서 피용해물질의 성질은 변화시키지 않으면서 다른 물질을 용해시킬 수 있는 물질로 화학적 성질과 상태에 따라 지방족 탄화수소류, 방향족 탄화수소류, 할로겐화 탄화수소류, 알콜류, 에스테르류, 알데히드류, 케톤류, 글리콜류, 에스테르 등으로 분류되며, 화학산업 및 기타 산업현장에서 광범위하게 사용될 뿐만 아니라 일상생활에서도 쉽게 사용되고 있다. 또한, 유기용제의 특성상 상온조건에서 휘발성이 크기 때문에 공기 중에 증기의 형태로 존재하며 근로자의 호흡기를 통하여 체내로 흡수되고 피부와 접촉할 때 피부를 통해 인체에 들어와 많은 근로자들에게 건강상의 장애를 초래할 수 있다. 인체에 흡수된 유기용제는 지방과 친화력이 있어서 지방조직에 쉽게 축적될 수 있고 신경조직을 포함한 인체의 주요장기에 쉽게 침범한다. 이들 유기용제들은 각 물질이 독특하게 가지고 있는 특이적인 독성작용 외에 대부분의 물질에서 중추신경계에 억제작용을 일으킨다^{1, 2)}. 이러한 독성으로 인하여 유기용제 증기로부터 근로자를 보호하기 위하여 각 나라에서는 노출기준을 제정하여 관리하고 있으며³⁾, 우리나라에서는 산업안전보건법규로 관리하고 있다⁴⁾.

공기 중 유기용제를 측정하는 방법에는 검지관을 이용하는 방법, 확산포집기를 이용하는 방법 및 펌프를 이용한 흡착제 튜브 방법 등이 있다. 검지관 방법은 적외선, 자외선, 불꽃 및 광이온화, 전기화학반응 및 화학발광 등을 이용해서 수초이내에 순간농도를 측정할 수 있는 장점을 가지고 있으나 정확도와 정밀도가 낮은 단점을 가지고 있다. 반면 확산포집법

은 펌프가 필요없기 때문에 준비과정이 간단하고 시료채취기가 가볍고 편리하여 많은 작업자들이 불편감 없이 착용할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 포집기의 장점 때문에 세계 여러나라에서는 확산포집기를 이용한 방법이 많이 연구 개발되고 있으며, 몇몇 나라에서는 일정한 기준 안에 들어올 경우 확산포집방법을 흡착제 튜브를 이용한 시료포집방법의 대체 방법으로 인정하고 있다.(Pristas, 1994). 현재 우리나라도 수동 포집기를 이용한 연구가 점차 확대되고 있으나 여전히 활성탄을 이용한 포집방법이 널리 이용되고 있는 실정이다. 흡착제 튜브를 사용한 능동포집법은 필요한 기기가 많고 준비과정이 복잡하고 시간이 많이 걸리며 작업자는 무거운 펌프를 오랫동안 착용해야 하는 부담감과 때로는 작업에 방해가 되는 단점을 가지고 있으나, 정확도와 정밀도가 우수하여 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서 추천하고 있다⁵⁾.

활성탄은 흡착제로 사용되고 있는 가장 보편적인 매질중의 하나로서, 보통의 고체상 물질은 흡착이 일어날 수 있는 표면적도 매우 작고 흡착이 일어난 후에 쉽게 탈착이 일어날 수 있기 때문에 기체상 물질을 쉽게 제거할 수 없다. 이에 비하여 활성탄은 활성탄의 내부에 무수히 많은 미세기공(micropore)이 있어 표면적이 매우 넓고 미세기공에 흡착된 기체상 물질은 쉽게 탈착이 일어나지 않아 효과적으로 공기중의 유기용제(증기)를 제거할 수 있다⁶⁾. 초기 활성탄의 사용은 화학전 방어로서 1차 세계대전 기간과 그후에 가스 마스크의 정화통안에 사용되기 시작하였고, 1930년, 1940년대 동안에는 유기용제 증기의 포집체로서 이용되었으나, 분석의 특이도와 정확도, 민감도가 부족하여 사용이 중단되었다가 1960년 Otters-on과 Guy가 활성탄을 사용하여 흡착한 후 이황화탄소를 이용해

탈착시키는 방법을 소개함으로써 각광받게 되었고, white 등(1970)에 의해 유기용제의 포집과 분석에 대한 간편한 방법이 개발되면서부터 폭 넓게 사용되었다. 현재는 대나무, 야자각, 대추씨 등 다양한 재료를 이용한 활성탄 연구가 진행중이다⁷⁾⁸⁾.

활성탄관을 이용하여 공기중 유기용제를 포집할 때 가장 고려할 사항은 파과 현상으로서 뒷층에서 포집된 양이 앞층에서 포집된 양의 10 % 이상 되는 것을 말한다. 파과시료는 유기용제가 활성탄에 흡착되지 않고 빠져나가 공기중 농도를 과소 평가할 가능성이 있어. 파과 시료가 많이 나온 측정결과는 정확도와 신뢰도가 떨어지며 실제로 25%의 파과시료는 버리도록 미국 ACGIH에서 규정하고 있다. 그러므로 일반적으로 유기용제의 파과 현상에 관한 연구 논문들이 많이 보고되었다⁹⁾.

파과현상은 시료채취시 활성탄관 앞층이 포화되어 용제가 뒷층으로 넘어가 흡착하는 경우와 유량이 너무 빨라 용제가 앞층의 활성탄과 흡착할 충분한 시간을 갖지 못하고 뒷층으로 넘어가는 경우에 나타난다. 이러한 파과현상에 영향을 주는 인자로서 시료채취시간, 유량, 유기용제 농도, 온도, 압력, 습도 및 활성탄 특성이 보고되었다⁹⁾.

활성탄의 흡착특성에 커다란 영향을 미치는 것은 활성탄의 공극구조이다. 공극구조는 탄화온도와 함께 변화하므로 적합한 탄화온도를 설정하는 것은 매우 중요하다¹⁰⁾. 보통 활성탄은 탄화된 숯을 더욱 활성화시키기 위해, 즉 더 큰 다공성 공극구조를 얻기 위해 약 1000℃ 이상의 온도를 가하여 열처리 공정을 거치는 것이다. 하지만 이러한 제조공정을 거치더라도 공극 안에는 미세한 유기물질이나 수증기 등이 남아있기 마련이다¹¹⁾.

그동안 우리나라에서 시판되는 특급시약용 활성탄을 이용하여 확산용 포집기를 제조하여 유기용제 측정 시 정확도에 관한 연구가 여러 차례 시도된 바 있으며, 활성탄관을 국산화하기 위한 시도도 있었다. 그러나 시료포집용 활성탄은 낮은 농도에서 높은 포집성능을 가지도록 특수한 조건에서 활성탄을 탄화한 것으로 활성탄의 성능이 향상된 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 시약용 특급활성탄과 시판되는 유기용제용 활성탄관의 성능을 비교 시험하여 시판되는 시약용 활성탄을 이용한 유기용제포집기 제작이 가능한지 검증하였다.

2. 연구목적

우리나라 산업보건분야에서 사용되는 시약은 물론 대부분의 기구나 장비는 모두 외국산이다. 작업환경측정과 분석분야도 거의 모든 기구와 장비는 외국산으로 국내 산업보건비용의 상당부분이 외화로 지출되고 있는 실정이다. 물론 작업환경 측정에서 가장 널리 사용되는 시료채취기구인 여과지나 흡착관도 모두 외국산이다. 특히 일반적인 유기용제 시료채취용으로 널리 사용되는 표준 활성탄관은 앞층과 뒤층에 활성탄을 각각 100 mg과 50 mg을 충전하고 압면으로 분리 및 고정해 놓은 매우 간단한 구조를 가지고 있기 때문에 국산화가 충분히 이루어질 수 있지만 그러한 시도가 이루어진 적은 별로 없다.

유기용제용 시료채취기구의 핵심은 충전재인 활성탄이다. 활성탄관이나 확산식 시료채취기의 제조에 있어서 가장 중요한 점은 바로 적절한 특성을 가진 활성탄을 사용해야 한다. 그러나 지금까지 활성탄이나 확산식 시료채취기용 활성탄의 성능에 대해서는 검증해 본 적이 없다. 다만, 국내 일부에서 확산식 포집기의 제작은 몇 차례 시도된 적은 있다. 그러나 확산식 포집기에 사용된 활성탄의 성능이 적절한지 여부에 대한 검증은 이루어진 적이 없다. 일반적으로 시판되는 유기용제 포집용 활성탄관에 사용되는 활성탄은 저농도에서도 포집 성능이 충분하도록 활성화된 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구의 목적은 국산 포집기에 주로 사용되는 시약용 특급활성탄과 시판되는 유기용제용 활성탄에 충전된 활성탄의 흡착용량에 대해 비교 검증하고자 시도되었다.

II. 시험물질 및 연구방법

1. 시험 재료

1.1. 시판 중인 활성탄관

활성탄은 기본적으로 유기용제의 흡착에 적합한 것으로 평가되어 널리 사용되고 있다. 본 연구의 실험용으로 사용된 활성탄은 우리나라에서 널리 사용되고 있는 시판제품인 SKC사의 활성탄관(226-01GWS, SKC Corp. U.S.A)에 들어있는 활성탄을 분리한 것이다.

1.2. Aldrich 활성탄

흡착능력을 시험하고자 한 활성탄은 헝가리산 포집기에 주로 사용되는 시약용 특급 활성탄(Aldrich Chemical Company. Inc. U.S.A, 20-40 mesh)이었다.

1.3. 파과실험용 활성탄관

파과실험을 하기 위해 SKC활성탄관에서 분리한 활성탄과 Aldrich 시약용 활성탄을 내경이 4 mm인 유리관에 각각 300 mg씩 충전한 활성탄관을 제작하였다. 150 mg이 충전된 기존의 활성탄관은 양이 너무 적어 파과실험을 하기에 적절하지 않다고 판단되었기 때문이다. 파과실험용으로 제작한 활성탄관의 충전밀도는 시판되는 활성탄과 비슷하게 하였다.

2. 가스발생장치를 이용한 공기시료 제조

실험실에서 활성탄관의 과과실험 및 포집용량을 평가하기 위해서는 공기 중 유기용제 농도 및 기류가 일정하게 유지되어야만 한다. 이러한 실험을 위하여 Figure 1과 같은 장치를 설치하였다.

가스발생장치에서 일정한 공기 중 농도를 만드는 방법은 다음과 같은 과정을 통해서 이루어진다. 공기정화장치와 건조기가 부착된 Air Compressor에서 만들어진 시험용 공기(dry air)는 유량조절기(0 - 50 L/min, Dwyer RMC-104)에서 약 20 L/min의 유량으로 공급되며, 이 시험용 공기에 습도를 50 ± 2 %가 유지되도록 조절하기 위해서 수욕조가 설치되어있는 습도조절 장치를 통과하여 유기용제와 공기가 혼합되는 혼합조로 이동하게 된다. 혼합조의 습도는 General Eastern사의 습도계(model 850)를 이용하여 측정하고, 이 신호를 받아 습도조절 장치의 수욕조의 온도가 조절됨으로서 일정한 습도가 유지되도록 한다.

한편, 사염화탄소는 미량주사기 펌프(SegeTM Pump model M365, Orion)에서 일정 유량으로 mixing chamber 상부에 있는 알루미늄 가열판(flash evaporator, Aldrich #Z11737-4) 위로 공급된다. 유기용제 농도가 일정하게 유지되기 위해서는 가열판의 온도가 일정하게 유지되어야 하며 온도를 조절하기 위해서 전압조절기(slide dials, Dealim Electric Ltd, Korea)를 사용하였다. 가열판에서 기화된 유기용제는 공기압축기로부터 공급된 시험용 공기 함께 mixing chamber (50cm × 40cm × 40cm)에서 골고루 혼합되며, 이 혼합된 공기는 test chamber (50cm × 40cm × 40cm)로 이동하여 유기용제 농도가 일정하게 유지되도록 설계되었다. 시

료채취는 test chamber에서 이루어지며, 기류에 의한 시료채취 효율을 알아보기 위해 팬(WSES, A2V12C38TST-1, Taiwan)을 달아 전압조절기로 기류를 0.3m/sec(0.17 - 0.51 m/sec)로 조절하였다. test chamber의 기류와 습도측정은 열선풍속계(Kanomax 24-6111, Kanomax, Japan)로 평가하였다.

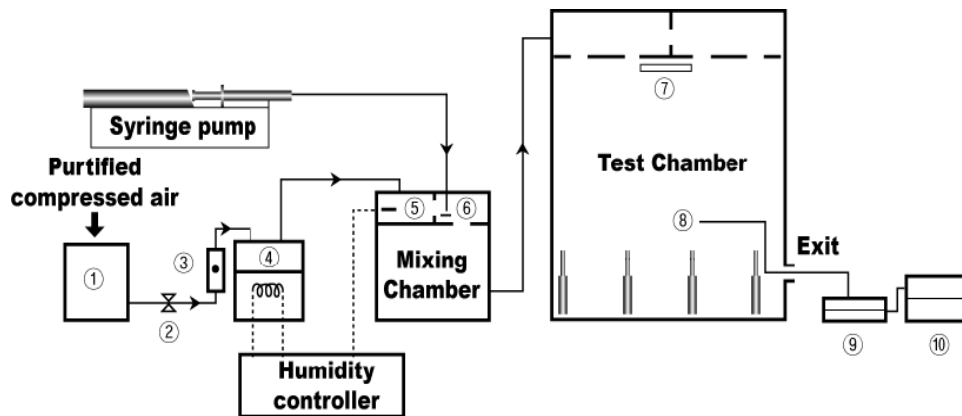


Figure 1. Schematic of the experimental apparatus and system.

- ① Compressed air filter and regulator panel ② Air flow regulator
- ③ Air flow meter ④ Humidity generator ⑤ Humidity sensor ⑥
- Flash evaporator ⑦ Device to circulate air and control of air
- velocity ⑧ charcoal tubes ⑨ GC ⑩ Computer

3. 시험물질 선정

미국을 비롯한 캐나다, 유럽 등 선진국에서는 산업용 방독마스크의 성능을 규정한 방독마스크의 규격에서 유기가스용 방독마스크 활성탄의 제독능력 시험을 사염화탄소를 이용하여 시험하는 것으로 되어 있어, 이 규격에 따라 유기가스용 방독마스크 활성탄의 국가검정 시험이 행해져 왔다. 이것은 과거에 사염화탄소가 사용량 및 사용빈도가 큰 대표적인 유기용제이었던 것에 유래하고 있다. 현재 '92년 11월에 개최되었던 몬트리올협정서 『특정 물질의 규제 등에 의한 오존층의 보호에 관한 법률』의 개정 등으로 인해 사염화탄소는 생산 및 사용을 하지 않는 것으로 하고 있다. 하지만 연구의 목적으로 각국에서는 아직도 유기용제 포집용 활성탄의 파괴 시험에 사염화탄소를 이용하고 있다. 따라서 본 연구에서도 유기용제용 활성탄 파괴실험에 가장 많이 이용되는 사염화탄소를 시험물질로 선정하였다.

4. 실험 방법

4.1 시료채취방법 및 분석

활성탄의 종류에 따라 파괴농도를 알아보기 위하여 본 실험에서는 대상물질을 사염화탄소로 하였으며, Test Chamber내의 사염화탄소 농도는 Gas Chromatograph(M600D, 영린기기, Korea)에 장착된 실시간 모니터링 장비인 Gas valve (VICI A60, Valco Instruments Co. USA)를 이용하여 실시간으로 확인하였다. 실험에 필요한 유기용제 농도는 Gas valve를 통한 GC에서 실시간으로 검출된 결과를 확인한 후 시험용 공기

와 가열판의 온도 그리고 유기용제 주입량을 조절하여 농도를 40 ppm 수준으로 만들어 포집하였다.

시료 포집은 사염화 탄소를 개인시료 채취기(GilAir sampler, Gilian Instrument Corp., U.S.A)에 ① 226-01GWS, SKC Corp. U.S.A ② 20-40 mesh의 시약용 활성탄 (Aldrich Chemical Company. Inc. U.S.A) ③ 재활성화 시킨 20-40 mesh의 시약용 활성탄 (Aldrich Chemical Company. Inc. U.S.A)을 앞층과 뒷층의 구분없이 유리관에 300mg을 주입하여 각각의 활성탄관을 제조하여 개인시료 채취기(GilAir sampler, Gilian Instrument Corp., U.S.A)에 연결하여 1.98 ~ 2.1 lpm의 유량으로 포집하면서 활성탄별로 파과정도를 살펴보았다. 이 결과는 물질평형 방정식을 이용하여 흡착능력을 평가하였으며 GC의 분석조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Operating Condition of Gas Chromatography

Variance	Conditions
Instrument	영린기기 M600D Gas Chromatography. Korea
Detector	Gas valve (VICI A60 Valco Instruments Co. USA)
Injector	FID(Flame Ionization Detector)
Column	Capillary Split Mode
Carrier Gas	DB-VRX(60m × 0.25mm × 1.4 μ m)
Flow Rate	Nitrogen
Split Ratio	1.2 ml/min and 2.0 ml/min
Injector Volume	20 : 1
Detector Temp.	1 μ l
Injector Temp.	220 °C
Oven Temp.	250 °C
	60 °C

4.2 파과곡선식과 활성탄의 흡착용량의 계산

일반적으로 정화통의 파과현상을 설명하기 위해서는 다음과 같이 물질 이동평형방정식(mass transfer balance equation)으로부터 유도된 Reaction Kinetic(RK) equation이 적합하다고 알려져 있다¹²⁾.

$$t_b = \left[\frac{W_e W}{C_o Q} \right] - \left[\frac{W_e \rho_\beta}{k_v C_o} \right] \ln \left[\frac{C_o - C_x}{C_x} \right] \text{-----} \langle \text{식 1} \rangle$$

t_b : 파과시간(breakthrough time, min)

W_e : 활성탄 1 g당 흡착용량(equilibrium adsorption capacity, g/g carbon)

W : 활성탄량(weight of carbon adsorbent, g)

C_o : 시험농도(challenge concentration, g/cc)

Q : 유량(air rate, ml/min)

ρ_β : 활성탄의 밀도(bulk density of the charcoal tube, g/cc)

k_v : 흡착율계수(adsorption rate coefficient, min⁻¹)

C_x : 파과농도(exit concentration, g/cc)

〈식 1〉을 파과농도, C_x 대하여 정리하면 〈식 2〉와 같다.

$$C_x = \frac{C_o}{1 + e^{\left[\frac{\left(\frac{W_e W}{C_o Q} \right) - T_b}{\left(\frac{W_e \rho_\beta}{k_v C_o} \right)} \right]}} \text{-----} \langle \text{식 2} \rangle$$

m_1 과 m_2 를 다음과 같이 정리하면 〈식 2〉는 〈식 3〉과 같이 2개의 미지변수로 된 함수식이 된다.

$$\left[\frac{W_e W}{C_o Q} \right] = m_1, \quad \left[\frac{W_e \rho_\beta}{k_v C_o} \right] = m_2$$

$$C_x = \frac{C_o}{1 + e^{-\left[\frac{m_1 - t_b}{m_2} \right]}} \quad \text{-----} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

여기에서 미지변수 m_1 과 m_2 는 실험에서 얻은 파과곡선도로부터 curve fitting program(jandel Scientific 사의 SigmaPlot)을 이용하여 파과시간 (t_b)별 파과농도(C_x)에 대하여 위의 방정식을 만족시키는 흡착용량(W_e)과 흡착율계수(k_v)값을 구할 수 있으며, 각 농도에서 보다 흡착용량을 산출하면 여러 가지 등온 흡착식을 이용하여 활성탄의 농도별 흡착용량을 파악할 수 있다.

III. 연구결과

1. 각 활성탄관 별 파과 시간

활성탄의 파과 시간을 확인하기 위해서 사염화탄소를 Mixing chamber와 Test chamber를 거치면서 일정한 농도(40 ± 3 ppm)의 공기시료가 만들어진 후, 개인용 공기채취펌프(GilAir sampler, Gilian Instrument Corp., U.S.A)에 연결하여 1.98 ~ 2.1 lpm의 유량으로 포집하면서 활성탄을 통과한 공기의 유기용제 농도를 측정함으로써 활성탄관의 파과농도를 측정하였다. 이때 Mixing chamber 및 Test chamber내의 습도는 $50 \pm 2\%$ 이었으며 온도는 18°C 를 유지하였고 각 Chamber내의 공기유량은 20.2 ± 3 lpm이었다.

1.1 SKC 활성탄

SKC 활성탄의 흡착용량을 알아보기 위해 사염화탄소 40 ppm의 공기시료를 300 mg의 활성탄을 충전한 활성탄관에 약 2 lpm의 유량으로 통과시키면서 파과실험을 실시하였다. 파과실험은 모두 5번 반복하였다. SKC 활성탄으로 제조한 활성탄의 경우 Table 2와 Figure 3에서 보는 바와 같이 파과가 일어나는 시간은 약 9분으로 나타났다.

5회 반복실험한 결과, 파과시간은 평균 9.169분이었으며 표준편차는 0.199분으로 변이계수는 약 2.2%로 비교적 일정하게 나타났다.

Table 2. Break through time though SKC charcoal

	level(ppm)	Actual(ppm)	Flow late(lpm)	Break through time(min)
1	40	38.4321	2.014	9.182
2	40	39.6800	2.012	8.875
3	40	40.1575	2.014	9.420
4	40	41.0235	2.010	9.125
5	40	40.0760	2.013	9.425
mean	40	39.8738	2.012	9.169
SD	0	0.9433	0.002	0.199

SKC charcoal

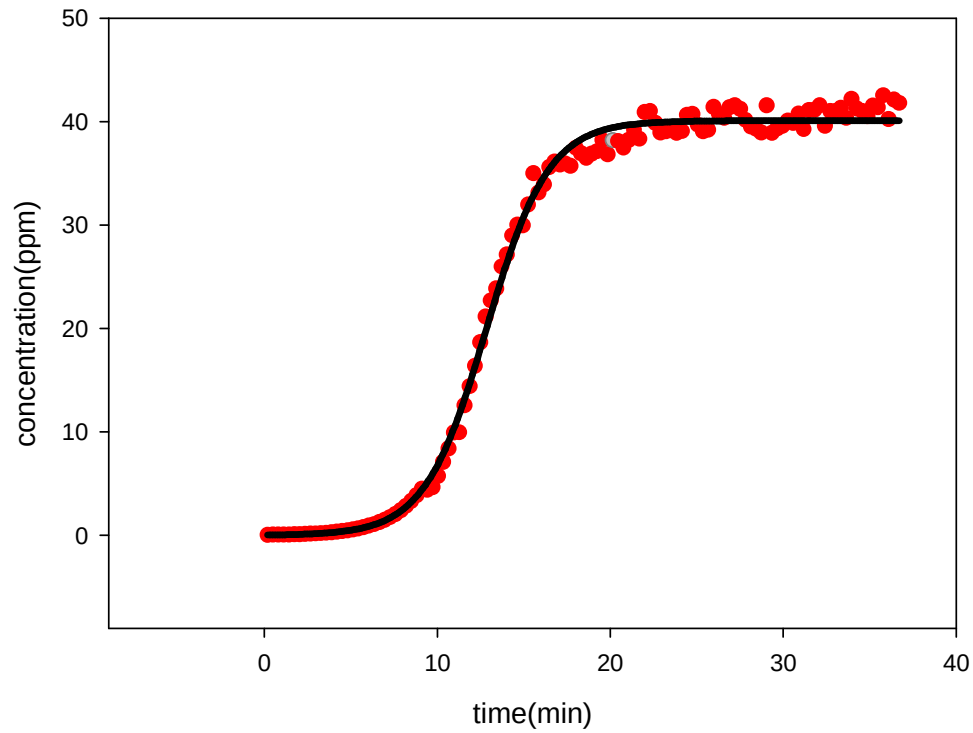


Figure 2. Breakthrough curve for charcoal from the SKC charcoal tubes.

1.2 Aldrich 활성탄

Aldrich 활성탄의 흡착용량을 알아보기 위해 300 mg을 충전한 활성탄 관에 약 2 lpm의 유량으로 40 ppm의 사염화탄소 공기시료를 통과한 결과 Table 3과 Figure 4에서 보는 바와 같은 결과를 얻었다. Aldrich 활성탄의 경우 파과시간이 약 4분으로 SKC 활성탄의 파과시간에 비하여 절반 수준보다도 낮은 것으로 나타나 Aldrich 활성탄의 흡착용량이 크게 떨어지는 것으로 나타났다.

5회 반복실험한 결과, 파과시간은 평균 3.960분이었으며 표준편차는 0.159분으로 변이계수는 약 4.0%로 비교적 양호한 결과를 얻었다.

Table 3. Breakthrough time for the Aldrich charcoal

	level(ppm)	Actual(ppm)	Flow late(lpm)	Break through time(min)
1	40	41.5542	2.011	3.920
2	40	40.9185	2.013	3.927
3	40	41.4848	2.012	4.235
4	40	40.8699	2.015	3.822
5	40	40.8901	2.009	3.898
mean	40	41.1435	2.012	3.960
SD	0	0.3445	0.002	0.159

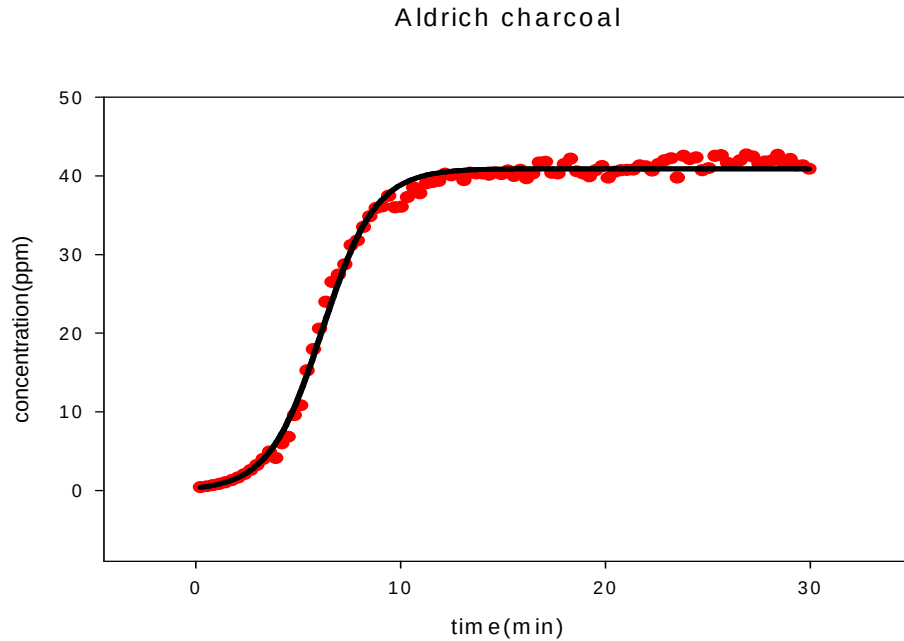


Figure 3. Breakthrough curve for the Aldrich charcoal.

2. 활성탄 흡착용량 및 흡착율계수 비교

활성탄 파과실험으로부터 얻은 결과는 그림에서와 같이 가스나 증기가 흡착제를 통과할 때의 전형적인 파과현상이 나타났다. 이러한 결과는 물질이동평형방정식의 적용에 매우 적합하였으며 실제로 실험결과로부터 유도된 파과곡선(그림의 실선부분)은 실험에서 측정한 값과 거의 일치하였다. 파과가 일어나기 시작한 직후와 활성탄이 거의 포화상태에 이른 지점에서 이론적인 파과곡선 방정식과 실험을 통한 파과곡선은 완벽하게 일치하지 않고 미세한 차이가 나타났는데, 이러한 차이는 주로 charcoal tube의 물리적인 구조나 불균일한 활성탄의 충전으로 인하여 시험공기가 활성탄을 통과할 때 활성탄의 앞층부터 완벽하게 포화되지 않기 때문인

것으로 추정된다¹³⁾.

전체적인 파과농도의 측정치는 이론식과 유사하였으므로 측정점을 연결하는 식 1을 만족하는 곡선을 산출하여 식 1의 미지의 두 변수인 흡착용량(W_e)과 흡착률계수(K_v)를 계산하였다. 두 종류의 정화통에 대하여 각각의 시험농도별로 산출된 흡착용량과 흡착률계수는 Table 4, Table 5 및 Figure 5와 같으며 Figure 6에서는 각 활성탄관별 흡착특성을 살펴볼 수 있다.

Table 4. The equilibrium adsorption capacity(w_e) and adsorption rate coefficient(k_v) values for carbon tetrachloride

Challenge Concentration		adsorption capacity, (w_e)	adsorption rate coefficient, (k_v)
Level(ppm)	Actual(ppm)	(g/gC)	(min ⁻¹)
SKC			
40	38.4321	0.012105	2294907935
	39.6800	0.013001	3097787296
	40.1575	0.013154	2384889395
	41.0235	0.013442	2502499674
	40.0760	0.013008	2403357450
mean	39.8738	0.012942	2536688350
SD	0.9433	0.000501	322210612
Aldrich			
40	41.5542	0.006589	3927055670
	40.9185	0.006520	3672630671
	41.4848	0.006632	3570919022
	40.8699	0.006521	3662646833
	40.8901	0.006364	3753298028
mean	41.1435	0.006525	3717310045
SD	0.3445	0.000102	133887086

Table 5. Adsorption capacity(w_e) for each charcoal

	Adsorption capacity(w_e) (g/gC)		Reagent (%)
	SKC	Aldrich	$\frac{Aldrich - SKC}{SKC} \times 100$
1	0.012105	0.006589	-45.5679
2	0.013001	0.006520	-49.8500
3	0.013154	0.006632	-49.5819
4	0.013442	0.006521	-51.4879
5	0.013008	0.006364	-51.0763
mean	0.012942	0.006525	-49.5128
SD	0.000501	0.000102	2.3465

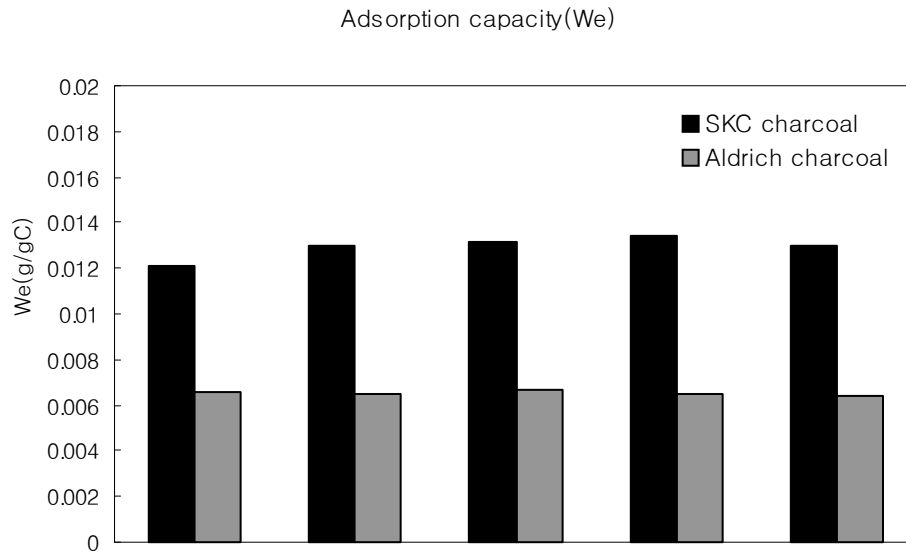


Figure 4. Adsorption capacity(w_e) for each charcoal.

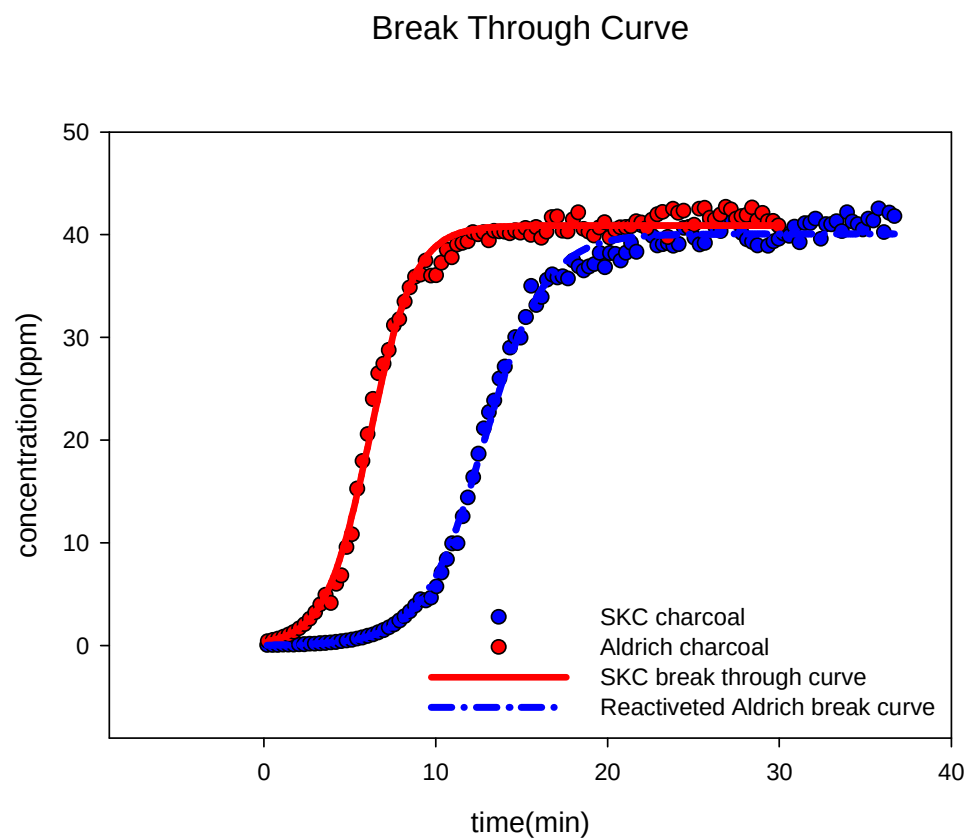


Figure 5. Break through curve though each charcoal

IV. 결 론

유기용제용 시료채취기구의 핵심은 충전제인 활성탄이다. 활성탄관의 제조에 있어 가장 중요한 점은 적절한 특성을 가진 활성탄관을 선택해야 한다는 것이다. 일반적으로 사용하는 표준 활성탄관은 앞 층, 뒤 층 각각 100 mg과 50 mg의 활성탄을 채워 넣고 그 사이를 유리섬유나 우레탄폼으로 분리 및 고정해 놓은 매우 간단한 구조를 가지고 있다. 따라서 국산화가 이루어질 수 있지만 아직 그러한 시도가 진행된 적이 별로 없다. 따라서 본 연구에서는 국산 활성탄관의 개발을 위해 일반적으로 쓰이는 SKC 표준 활성탄관의 흡착 및 파과 특성을 파악해 보고, 시약용으로 판매되는 Aldrich사의 활성탄과 흡착 및 파과 특성을 비교하여 다음과 같은 연구결과를 얻었다.

1. 사염화탄소 40 ppm 수준에서 펌프 유량 2 lpm으로 각각의 활성탄 파과실험을 한 결과 SKC 활성탄은 파과시간이 약 9분으로 나타났다. 특별한 활성화 과정을 거치지 않은 Aldrich 활성탄은 SKC 활성탄보다 약 5분 빠른 4분대에서 파과가 일어났다.

2. 각 활성탄관의 흡착 용량을 계산해본 결과 SKC, Aldrich 각각 0.013 g/gC, 0.0065 g/gC으로 특별한 활성화 과정을 거치지 않은 Aldrich 활성탄이 SKC 활성탄의 약 49.5% 가량 되었다.

참고문헌

1. 조규상 : 산업보건학, 신광출판사, p.273, 1991
2. 이세훈 : 화학물질 폭로에 의한 중추신경 장애평가에 이용되는 현장조사방법. 한국의 산업의학, 29 : 45-90, 1990
3. M. Harper and C.J. Purnell : Diffusive Sampling-A Review, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 48(3) : 214-218, 1987
4. 노동부 : 산업안전보건법. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준 고시 제 2002-8호, 노동부, 2002.
5. NIOSH manual of sampling data sheet, DHEW(NIOSH) Publication No. 77-159, p6, March, 1977
6. 박두용 : 가스 및 유기용제용 호흡보호구의 정화통에 대한 수명예측방법의 정확도 및 타당성 검증연구, 산업위생학회지, 1999;9(2):19-31
7. 박영철, 조광주, 최주홍 : CO₂ 활성화법에 의한 대나무 활성화탄 제조와 CO₂ 흡착 특성, Korea Chem. Eng, Res, Vol. 43. No. 1, February, 2005, pp. 146-152
8. 배우근, 신응배, 서경복 : 대추씨를 이용한 활성화탄 제조에 관한 연구, Bulletin of Environmental Science, Vol. 19, 1998

9. Saalwaechter AT, MCCammon CS, Roper CP, Carlberg KS:
Performance testing of the NIOSH charcoal tube technique for the
determination of air concentrations of organic vapors. Am Ind Hyg
Assoc J, 1977;38:476-486
10. 이송우, 나영수, 김도한, 최동훈, 류동춘, 송승구 : 수증기 활성화법으
로 제조된 활성탄의 탄화온도에 따른 세공구조 고찰, 한국환경과학회
지 제9권(제4호), 345-349, 2000
11. 하상도, 심상국, 이춘옥, 이재욱 : 숯과 활성탄의 기능성과 연구 동향
분석, Food Science and Industry, Vol 36, No 2, 99-105
12. Wood, GO : Estimating Service Lives of Organic Vapor Cartridges,
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1994;55(1):11-15.
13. McBain, JW : The Sorption of Gases and Vapors by Solids.
London: Routledge, 1932.

Abstract

**Comparison study on the absorption capacities of a
commercial charcoal sampling tube and a commercial
reagent grade charcoal**

Kim, Byung Soo

Division of Industrial Hygiene Engineering
Graduate School of Occupational Safety and Health
Hansung University

Director

Park, Doo Yong, Dr.P.H.,CIH

To develop a charcoal tubes or passive samplers for organic vapor sampling, charcoal is critical. A few of attempts have been made to develop passive samplers in several laboratories. In general, a commercial reagent grade charcoal have been used. However, when passive samplers were developed, the absorption capacities for the charcoal used have not been verified.

In this study, in order to check the absorption capacity for a commercial reagent grade charcoal, breakthrough experiments were conducted for the charcoal beds packed with a commercial reagent grade charcoal(Aldrich Chemical Company. Inc. U.S.A, 20-40 mesh) and charcoal separated from a commercial IH sampling charcoal tube(226-01GWS, SKC Corp. U.S.A).

Carbon-tetracloride was used for the test chemical for the breakthrough experiment.

The results are as follows :

1. Breakthrough time for the SKC charcoal was about 9 minutes at 40 ppm levels of carbon-tertracloride. It was about 4 minutes for the Aldrich charcoal. Thus, it is assumed that the absorption capacity of the Aldrich charcoal is lower than that of SKC charcoal.

2. The Adsorption capacity(w_e) were calculated by the Reaction Kinetic(RK) equation from the breakthrough tests for each charcoal. The calculated values were 0.013 g/gC for the SKC, 0.0065 g/gC for Aldrich charcoal respectively..