

《報文》 HWAHAK KONGHAK Vol. 20, No. 5, October 1982, pp.401-414
(Journal of the Korean Institute of Chemical Engineers)

氣體크로마토그래피—質量分析計에 의한 國產揮發油의 組成分析

李文得 · 李仁哲* · 田熙東

서울대학교 工科大学 工業化學科

*유타대학교 燃料工學科

(1982년 6월 8일 접수)

Analysis of Domestic Gasolines by Gas Chromatography-Mass Spectrometer

Moon-Deuk Lee, In-Chul Lee* and Hee-Dong Chun

*Department of Chemical Technology, College of Engineering,
Seoul National University, Seoul 150, Korea*

**Department of Fuel Engineering,
University of Utah, Salt Lake City, Utah 84108*

(Received; June 8, 1982)

요 약

국산휘발유중의 탄화수소를 45 m squalane SUS WCOT 모세관 컬럼을 사용하여 기체크로마토그래피—질량분석계로 분석한 결과, 크로마토그램피크 약 59개를 분리·정량하였고 그중 31개 피크를 정성확인하였다.

탄화수소 성분은 휘발유의 종류와 관계없이 크로마토그램 패턴이 상호유사하며, 단지 고급이 보통 휘발유에 비해 방향족 탄화수소 함량이 많다. 이것은 휘발유 조합공정의 차이에 기인한다고 본다.

ABSTRACT

A combined system of a capillary gas chromatography and mass spectrometer permits rapid analysis of gasoline.

The analysis is conducted on a 45 m squalane SUS WCOT capillary column in less than 30 min.

Chromatographic peak identifications and detailed quantitative composition of premium and

regular domestic gasolines are presented.

All gasolines have similar constitutions which are found to contain essentially the same hydrocarbons, differing only in concentration.

Premium gasolines have greater percentages of aromatic hydrocarbons than regular gasolines because of the difference in blending schemes.

1. 서 론

선진국에서는 매년 배출가스에 대한 규제가 엄격하게 됨에 따라 정화촉매장치 등이 사용되고 있으나, 현재와 같은 가연화(加鉛化)된 휘발유로서는 그 촉매수명이 단축되므로¹⁾ 무연화(無鉛化)휘발유의 개발이 절실히 요망되고 있다. 그러나 무연화로 인한 옥탄가 저하를 방지하기 위하여 휘발유중에 옥탄가가 높은 방향족탄화수소 성분이 증가되리라고 지적되어왔다.

본 연구에서는 현재 국내에서 판매되고 있는 정유사의 휘발유에 관해 저자들은 Dimitriadis^{2,3,4,5)} 등이 적용한 방법에 따라 휘발유중의 탄화수소를 기체크로마토 그래프로 분리, 정량하고 또 질량분석계를 사용하여 그 성분을 정성하였다.

2. 실 험

2-1. 시료

국내 정유3사 제품 즉, 유공, 호남 및 경인의 보통과 고급휘발유 각각 2종류와 REF(John Haltman) 표준휘발유 및 유사휘발유를 사용하였다.

시료채취는 시내 주유소와 정유공장에서 직접 취하여 완전히 밀봉상태로 -4°C 에서 보관하였고, 분석시 $0.2\mu\text{l}$ 씩 미량주사기로 주입하였다. REF 표준휘발유는 현대자동차(울산)에서 제공받았다. 또 유사휘발유는 시중에서 불법적으로 유통되고 있는 것을 수거하여 시료로 하였다.

2-2. 분석법

휘발유와 같이 다성분으로 구성되어 있는 것

Table 1. Specification of Capillary column

Column, squalane		$\phi 0.25\text{mm}$, 45m long SUS, WCOT Capillary Column
Carrier gas(He)		$0.8\text{kg/cm}^2(1.08\text{ ml/min})$
Scavenger gas		50ml/min
Split ratio		1/430
Temperature	Column	80°C
	Injection port	180°C
Chart speed		20mm/min
Theoretical plate		102,000 plates
Coating efficiency		-%

부터 n-hexane 과 같이 거의 단일성분으로 구성된 것까지 다종다양한 것을 고려하여 현재 가장 좋은 분리방법으로 생각되는 모세관컬럼과^{6,7)} 수소불꽃검출기(FID) 또는 Total Ion Collector(TIC)를 종합하여 사용하였고 아울러 충전컬럼에 의한 분석도 행하여 결과를 비교하였다.

2-2-1. 장치

(1) SUS 모세관컬럼

분석에 사용한 SUS 모세관컬럼의 특성을 Table 1에 수록하였다.

(2) 유로구성(flow diagram)

운반기체의 유로는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 모세관컬럼을 사용할 때 시료의 분할(分割) 또는 스캐빈저가스의 도입등 종래의 충전컬럼의 경우와 상이하다.

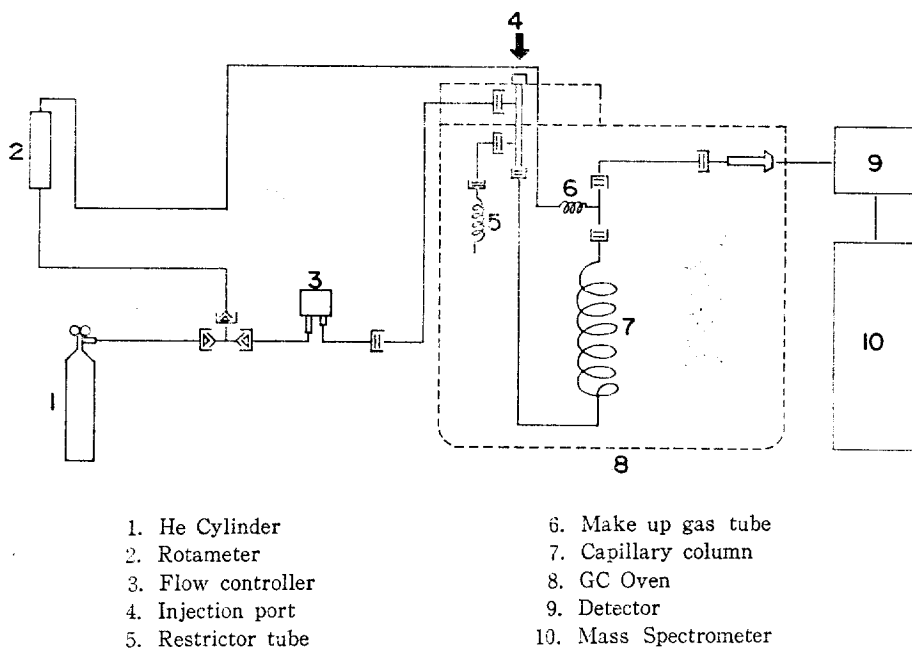


Fig. 1. Flow diagram

Table 2. Operating condition of GC-MS with capillary column

Instrument	GC-MS LKB 9000 with computerized system	
Column	ϕ 0.25mm, 45m long squalane WCOT capillary column(SUS)	
Temperature (°C)	Column	30°C-90°C(3°C/min)
	Injection port	170
	Separator	230
	Ion source	250
Flow rate	Make up gas	8ml/min
	Carrier	1.8kg/cm ²
Split ratio	75 : 1	
Chart speed	20mm/min	
Scan speed	8	
Detector	TIC on MS	
Vacuum	10 ⁻⁷ torr	

Table 3. Operating condition of GC with capillary column

Instrument	: Yanaco, GC-80
Column	: squalane WCOT, SU5 ϕ 0.25mm xL 45m
Sample size	: 0.2 μ l of gasoline
Carrier gas(He)	: 3kg/cm ² (5ml/min)
Scavenger. gas	: 20ml/min
Split ratio	: 6 : 1
Temperature of column	: 40-80°C, 4°C/min Semi-programmed
Chart Speed	: 10mm/min
Sens.	: 10 ⁻²
Attenuator	: 1/4

2-2-2. 분석조건

Table 2, 3 및 4에 각각 모세관컬럼에 의한 기체크로마토그래프-질량분석계(GC-MS), GC 및 충전컬럼에 의한 GC-MS의 운전조건을 수록하였다.

2-3. 탄화수소의 조성분석

질량스펙트럼에서 얻어진 m/e를 질량스펙트럼데이터에 의거하여 미지의 탄화수소의 구조 및

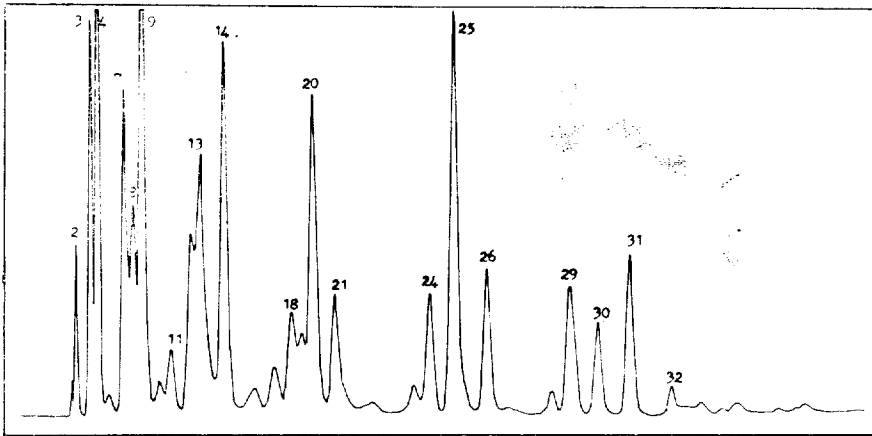


Fig. 2. TIC gas chromatogram of typical regular gasoline with Apiezon-L, packed column

Table 4. Operating condition of GC-MS with packed column

Instrument	: Shimadzu GC-MS LKB 9000
Column	: Apiezon grease L 10% 10m x4φ glass column
Sample size	: 0.2μl of gasoline
Column Temp	: 70°C-180°C, 3°C/min semi-programmed
Carrier gas	: He gas
Flow rate	: 30ml/min
Detector	: TIC on MS
Separator	: 210°C
Temperature	
Ion source	: 250°C
Temperature	
Acceleration voltage	: 3.5KV
Ionization potential	: 70eV
Trap current	: 60μA
Scan speed	: 6sec
Recorder speed	: 1.0cm/min

질량을 찾아 정성하였다. 그리고 정량은 적분제에 의한 면적계산으로 상대무게 %를 결정하였으나, 감도보정은 하지 않았다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 국산휘발유와 REF 표준휘발유의 충전컬럼에 의한 GC 분석

Fig. 2 및 3은 각각 국내 정유3사 제품의 대표적인 보통 및 REF 휘발유의 기체크로마토그램이다. Fig. 2와 3을 비교하면 기체크로마토그램의 초기부분(피크번호 1~9)과 후기부분(피크번호 29~43)에서 크로마토그램의 피크의 강도의 차이를 볼 수 있으나 전체적으로 볼때 그 패턴은 극히 유사하다.

3-2. 휘발유의 모세관컬럼에 의한 GC 분석

Fig. 4~6는 대표적인, 보통과 고급휘발유를 모세관컬럼으로 GC 분석한 크로마토그램이다.

크로마토그램에서 유공과 호남휘발유는 그 패턴이 대단히 유사한 반면 경인휘발유는 피크번호 37~43 간에 타사제품에 비해 피크가 강하고, 이와 반대로 피크번호 46~51 간은 약하다. 그러나 근원적인 패턴은 서로 동일함을 알 수 있었다.

Fig. 5는 New super(유공), CX-3(호남) 및 High power(경인) 중 대표적인 크로마토그램을 표시하였는데 그 패턴이 과거의 휘발유의 패턴과 극히 유사함을 알 수 있다. 즉 Fig. 5 및 6

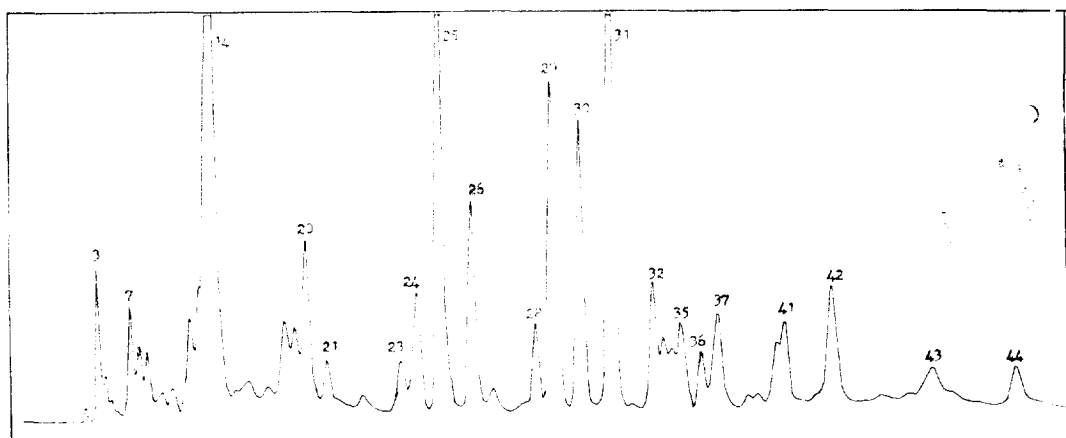


Fig. 3. TIC_{gas} chromatogram of REF test fuel with Abiezon-Lpacked column

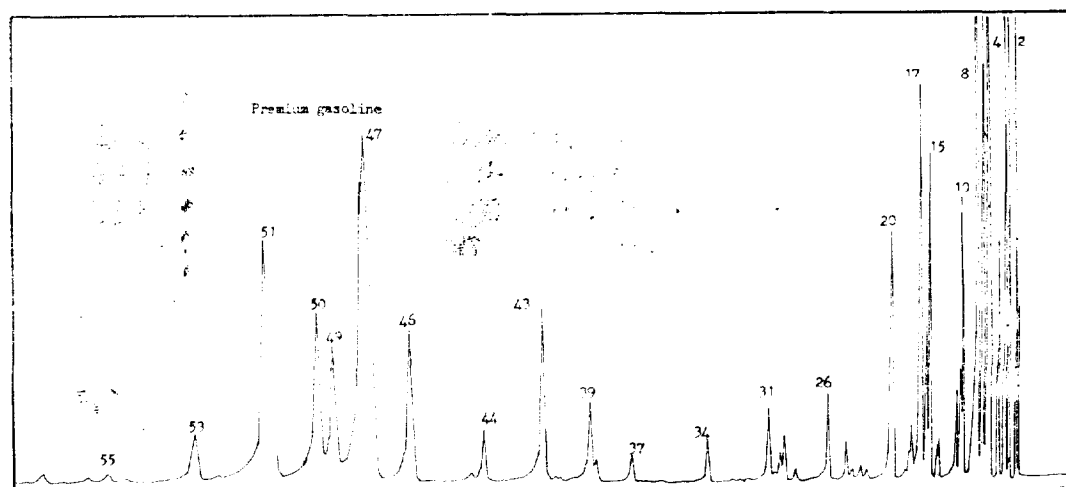
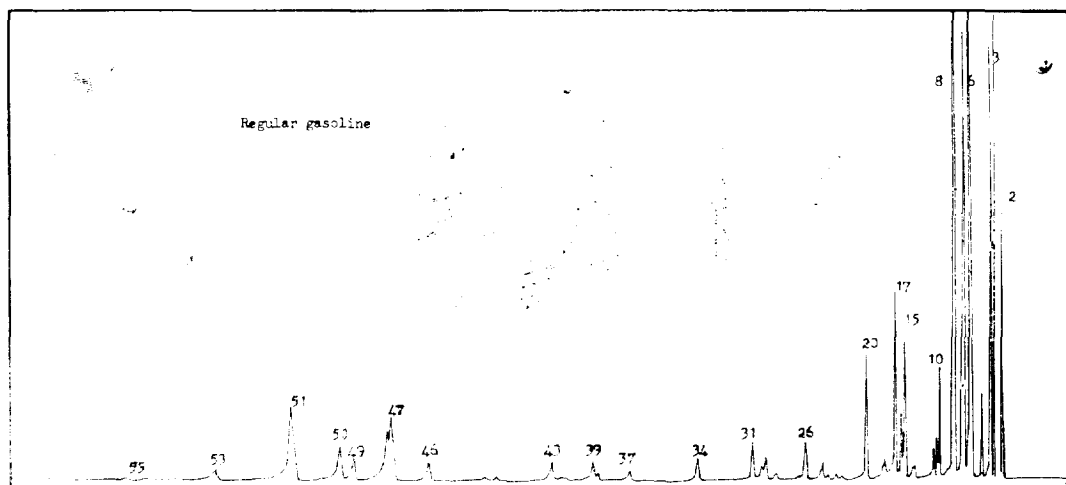


Fig. 4. Gas Chromatogram of regular and premium gasoline(Yu Kong)

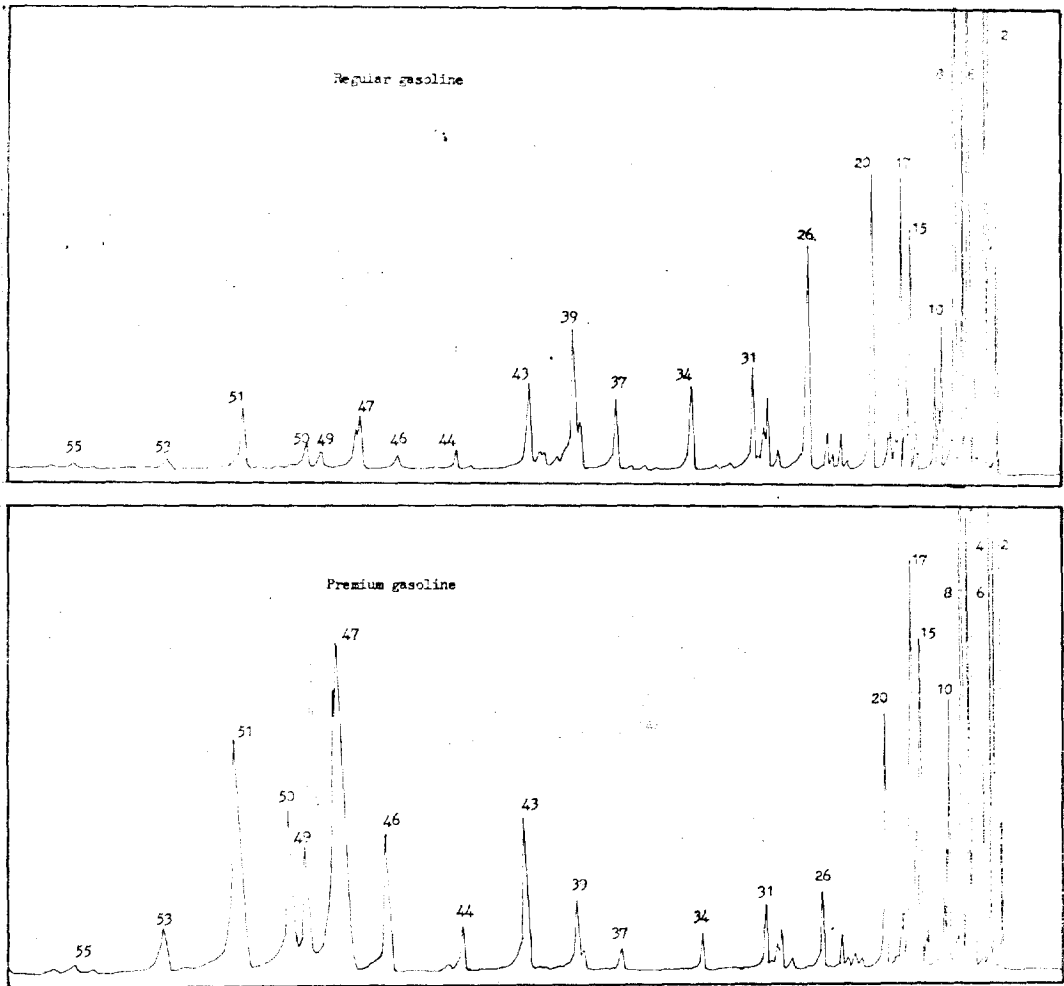


Fig. 5. Gas Chromatogram of regular and premium gasoline(Ho Nam)

을 비교하면 휘발유의 종류에 관계없이 크로마토그램의 패턴이 상호 유사하며 단지 고급이 보통휘발유에 비해 방향족탄화수소의 함량이 많은데 이것은 휘발유 조합공정의 차이에 기인한다고 생각된다.

3-3. 휘발유의 탄화수소 정량분석

Table 5 및 6은 Fig. 4에 대응하는 크로마토그램을 보통과 고급휘발유를 구별하여 그 wt%를 정리한 것이다. 총탄화수소 양에 대한 각 성분의 wt%는 크로마토그램상의 전 피크면적에

대한 각 피크의 면적비를 그대로 환산한 것이다. 이것은 FID에서는 단위무게당의 피크면적은 서로 비슷하다는 사실에 기초를 둔 것이다. Table 5 및 6에서 알 수 있는 바와 같이 보통과 고급휘발유는 초기부분의 wt%는 거의 같고, 후기부분 특히 피크번호 37~43과 46~51간의 wt%는 차이가 많다.

Table 7에 국산휘발유중의 지방족탄화수소와 방향족탄화수소의 조성비를 종합하였다.

이 표에서 알 수 있는바와 같이 보통은 고급휘발유에 비하여 지방족탄화수소가 많이 함유되

Table 5. HC composition of regular gasolines(FID gas chromatogram with squalane capillary column)

Peak No	% of weight			Peak No	% of weight		
	Yu Kong	Ho Nam	Kyung In		Yu Kong	Ho Nam	Kyung In
1	0.53	0.62	0.23	28	0.94	1.44	0.29
2	2.49	2.65	8.07	29	0.52	0.75	0.14
3	6.37	7.66	12.85	30	0.16	—	—
4	5.04	14.16	0.71	31	1.63	2.11	0.42
5	1.32	1.04	10.93	32	—	0.09	—
6	13.13	3.18	6.86	33	—	0.05	—
7	8.30	4.45	12.69	34	1.00	1.98	0.19
8	10.62	2.98	2.41	35	0.05	—	—
9	0.39	7.19	2.94	36	0.05	—	—
10	2.28	1.39	—	37	0.52	2.14	2.29
11	0.71	0.42	—	38	0.38	1.39	2.04
12	0.57	0.64	—	39	1.09	3.93	6.44
13	0.42	0.22	0.14	40	0.14	0.08	—
14	0.28	0.57	0.69	41	0.11	0.33	—
15	4.10	2.84	2.27	42	0.13	0.38	—
16	1.84	1.24	1.03	43	1.13	2.49	2.65
17	5.47	3.68	2.91	44	0.20	0.49	0.02
18	0.40	—	0.27	45	0.13	0.02	—
19	0.61	0.42	0.4	46	1.16	0.44	0.12
20	4.03	4.93	2.42	47	4.05	1.49	0.63
21	0.20	0.15	0.06	48	2.93	1.02	0.43
22	0.27	0.62	0.25	49	1.24	1.54	1.19
23	0.24	0.28	0.08	50	1.76	0.76	0.39
24	0.68	0.67	0.21	51	6.20	—	1.12
25	—	0.05	—	52	—	—	—
26	1.45	5.46	13.63	53	1.13	0.49	0.15
27	0.30	0.46	0.06	54	0.07	0.08	—

Table 6. HC composition of premium gasolines(FID gas chromatogram with squalane capillary column)

peak No	% of weight			peak No	% of weight		
	Yu Kong	Ho Nam	Kyung In		Yu Kong	Ho Nam	Kyung In
1	0.40	0.42	0.28	28	0.59	0.60	0.53
2	1.95	2.01	1.09	29	0.33	0.35	0.26
3	3.58	1.16	4.70	30	0.11	0.11	0.03
4	3.00	1.80	5.06	31	1.07	1.00	0.82
5	0.99	0.95	0.57	32	0.03	0.02	0.02
6	8.34	8.78	6.60	33	0.03	0.03	—
7	5.29	5.56	4.52	34	0.62	0.71	0.52
8	6.72	7.09	6.22	35	0.03	0.02	—
9	0.39	0.02	0.22	36	0.03	0.02	—
10	1.82	1.84	4.23	37	0.53	0.49	4.45
11	0.61	0.53	—	38	0.40	0.40	0.41

12	0.88	0.60	—	39	1.46	1.57	15.31
13	0.32	0.35	0.26	40	0.10	0.01	—
14	0.23	0.24	0.09	41	0.06	0.07	—
15	2.66	2.89	3.07	42	0.07	0.09	—
16	1.21	1.30	1.36	43	3.59	3.81	4.69
17	3.53	3.84	4.13	44	0.87	0.94	0.17
18	0.27	0.29	0.24	45	0.01	0.13	—
19	0.74	0.35	0.44	46	3.82	4.17	0.27
20	2.62	2.78	2.91	47	12.42	13.26	1.29
21	0.11	0.11	0.08	48	5.00	5.59	0.92
22	0.18	0.18	0.09	49	3.24	3.54	0.38
23	0.13	0.13	0.13	50	5.06	5.05	0.69
24	0.40	0.33	0.34	51	9.46	10.04	2.26
25	—	0.01	—	52	—	0.02	—
26	1.10	1.20	20.39	53	1.44	1.54	0.36
27	0.21	0.20	0.12	54	0.92	0.10	—

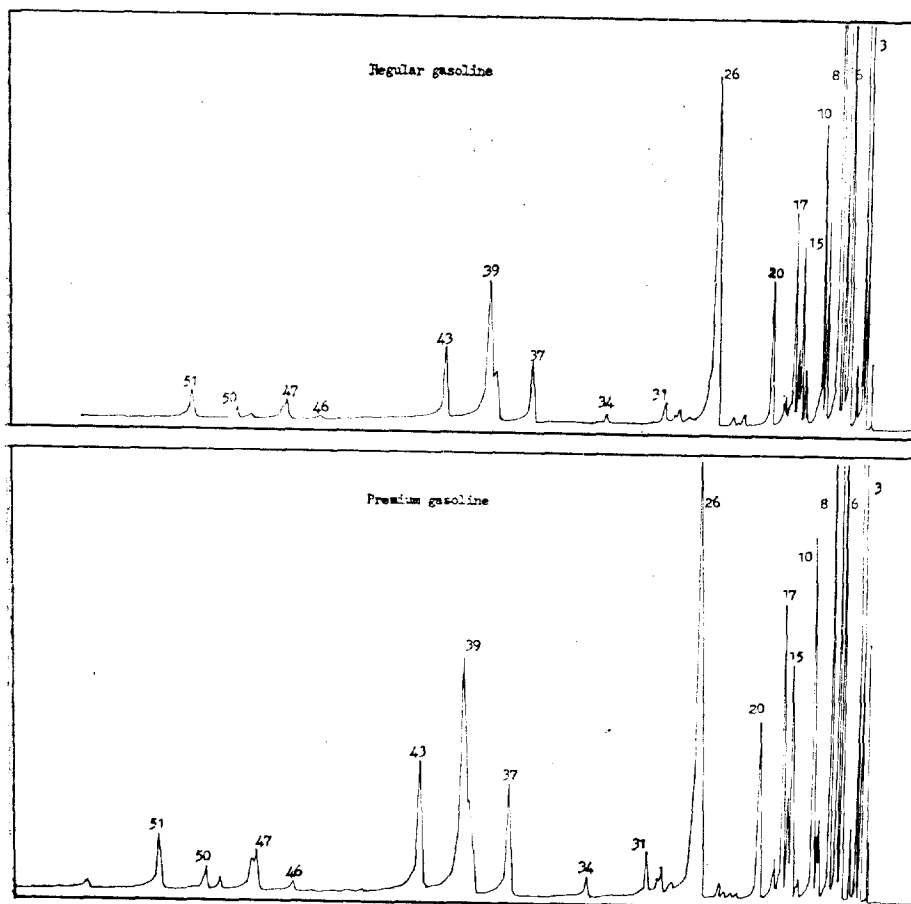


Fig. 6. Gas Chromatogram of regular and premium gasoline(Kyung In)

Table 7. Hydrocarbon type composition of test fules (wt%)

Gasoline		Yu Kong	Ho Nam	Kyung In
HC				
Req.	Paraffine	69.80	70.16	64.89
	Aromatic	29.47	29.30	34.92
Prem.	Paraffine	44.03	42.87	47.26
	Aromatic	54.80	56.93	52.61
		New Super	CX-3	High Power
Req.	Paraffine	62.76	56.65	56.33
	Aromatic	35.75	42.35	42.95
Prem.	Paraffine	55.68	44.55	51.28
	Aromatic	44.14	53.84	48.07

어 있고 또한 방향족탄화수소 함량이 크게 차이가 있음을 알 수 있다. 보통휘발유중의 지방족탄화수소 대 방향족탄화수소 함량의 평균비는 68.3 : 31.7, 고급휘발유에 있어서는 44.7 : 54.3이다. 그리고 최근 정유 3사가 새로 내놓은 보통과 고급휘발유를 비교하면, 각각 58.6 : 41.4와 50.5 : 49.5이다.

3-4. 탄화수소의 정성분석

휘발유는 제품의 종류, 제조방법의 차이에 의하여 조성이 다양하므로 표준시료에 따른 크로마토그램의 비교에 의한 방법으로는 반드시 정확한 정성 분석을 하기 어렵다.

아울러 탄화수소에는 많은 이성체가 있으므로 먼저 GC에 의해 이성체를 분리한 후 질량스펙

Table 8. Hydrocarbon components of gasolines by mass chromatogram

Peak No	Regular	M ⁺	Selected mass Frgment ions	Type
2	n-Butane	58	41, 43, 58	P
3	i-Pentane	72	42, 43, 57	P
4	n-Pentane	72	41, 42, 43	P
6	2-Methyl Pentane	86	42, 43, 71	P
7	3-Methyl Pentane	86	41, 56, 57	P
8	n-Hexane	86	41, 43, 57	P
*10	Benzene	78	51, 77, 78	A
15	i-Heptane	100	42, 43, 85	P
16	2,3-Dimethyl Pentane	100	43, 56, 57	P
17	3-Methyl Hexane	100	43, 57, 71	P
20	n-Heptane	100	41, 43, 71	P
*26	Toluene	92	91, 92	A
27	2,3-Dimethyl Hexane	114	43, 70, 71	P
29	4-Methyl Heptane	114	43, 70, 71	P
31	3-Methyl Heptane	114	43, 57, 85	P
34	3,3-Dimethyl Hexane	114	43, 57, 85	P
*37	Ethyl Benzene	106	91, 106	A
*39	m,p-Xylene	106	91, 105, 106	A
*43	o-Xylene	106	91, 105, 106	A
*44	1-Methyl-4-Ethyl Benzene	120	91, 105, 120	A
45	4-Ethyl Heptane	128	43, 57, 85	P
*47	1-Methyl-3-Ethyl Benzene	120	91, 105, 120	A
*49	1-Methyl-2-Ethyl Benzene	120	91, 105, 120	A
*50	1,3,5-Trimethyl Benzene	120	105, 119, 120	A
*51	1,2,4-Trimethyl Benzene	120	105, 119, 120	A
*53	1,2,3-Trimethyl Benzene	120	105, 119, 120	A

*54	1,4-Diethyl Benzene	134	105, 119, 134	A
*55	1-Methyl-2-n-Propyl Benzene	134	105, 134	A
*57	1-Methyl-4-n-Propyl Benzene	134	105, 134	A
*58	1,4-Dimethyl-2-Ethyl Benzene	134	119, 120, 134	A
*59	1,2-Dimethyl-3-Ethyl Benzene	134	77, 119, 134	A

* Component which has greater percentage in premium gasoline than regular gasoline

P : Paraffine A : Aromatic

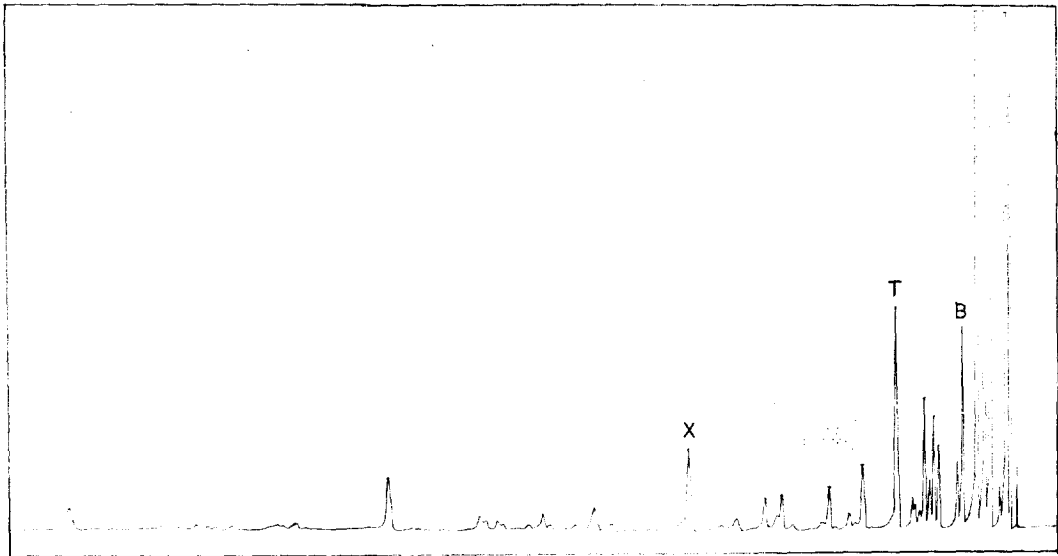


Fig. 7. Gas Chromatogram of solvent

트럼에서 분자이온 또는 토막이온(fragmention)의 이온강도의 차이로 생기는 패턴으로부터 정확한 정성분석을 하기위해 본 연구에서는 GC-MS 방법을 채택하였다.

Table 8 은 Fig. 4의 질량스펙트럼을 해석하여 그 확인된 성분과 토막 이온을 종합 표시한 것이다. Table 8에서 지방족탄화수소는 M⁺58(C₄H₁₀), M⁺72(C₅H₁₂), M⁺86(C₆H₁₄), M⁺100(C₇H₁₆), M⁺114(C₈H₁₈), M⁺128(C₉H₂₀)로 나타나고 있고 방향족탄화수소에서 M⁺78(C₆H₆, 벤젠), M⁺92(C₇H₈, 톨루엔), M⁺106(C₈H₁₀, 크실렌)등이 나타나고 있다.

Fig. 5 및 Table 8에 의하면 보통과 고급휘발유의 성분조성은 C₄~C₇간의 지방족탄화수소의 조성비는 서로 유사한 데 비하여 C₆~C₈간의 방향족탄화수소, 특히 benzene, toluene, ethyl benzene, m,p-xylene 및 O-xylene에 있어 현저

한 조성비의 차이를 확인할 수 있다. 또 C₉~C₁₀간의 방향족탄화수소에서 차이가 난다(Table 5~6 참조).

3-5. 유사휘발유의 분석

시중에 불법적으로 유통되고 있는 유사휘발유를 감정할 목적으로 모세관컬럼에 의한 GC분석법을 검토하였다.

Table 9. B.T.X. in the various solvent(vol%)

solvent \ comp.	Benzene	Toluene	Xylene
A	0.53	9.4	1.44
B	0.63	8.56	1.43
C	1.03	5.14	1.73
D	1.23	4.39	4.50
E	0.51	10.76	1.28

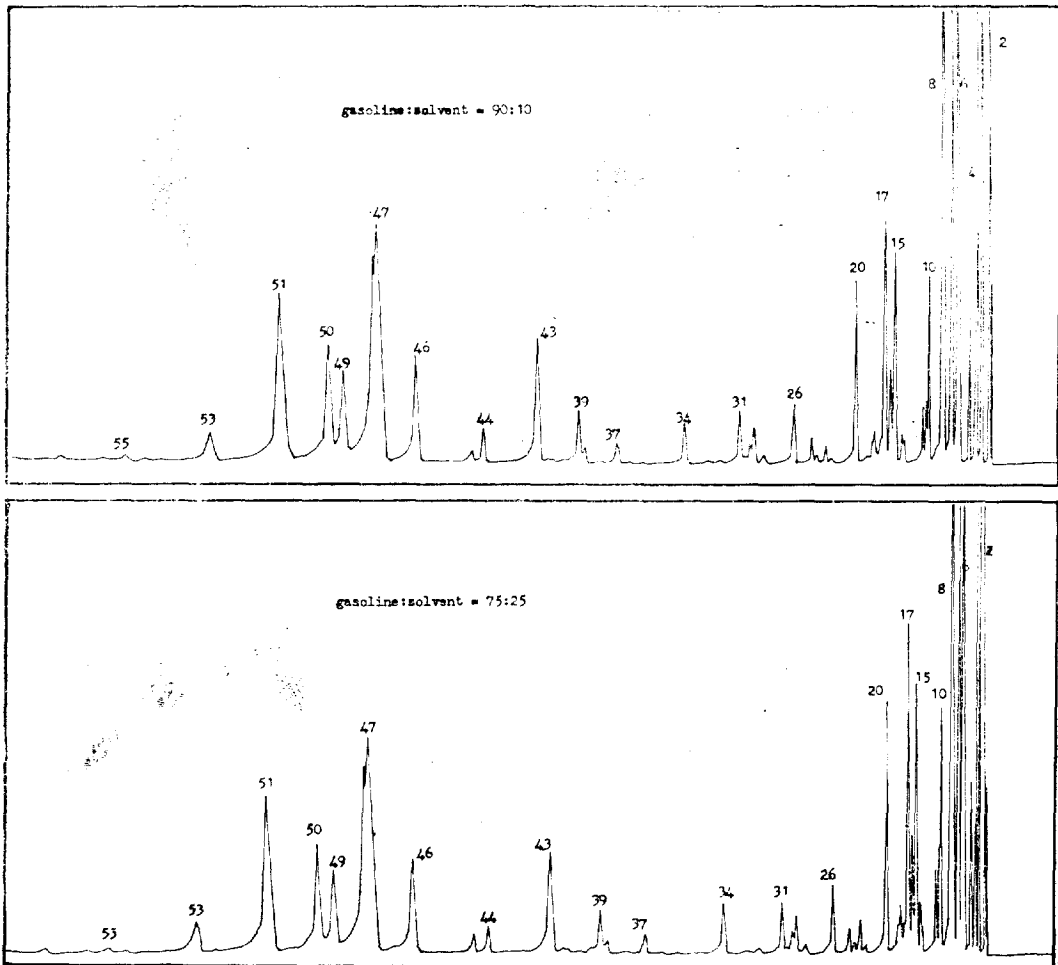


Fig. 8. Gas Chromatogram of the mixed gasoline with solvent

(1) 고무용제용 휘발유중의 B.T.X.정량
고무용제용 휘발유(일명 용제로 통칭)를 분석한 대표적인 GC 크로마토그램을 Fig. 7에 나타냈다.

이 그림에서 판독할 수 있는 사실은 C₅이하의 pentane 류분이 많이 함유되어 있으며 또 상기한 컬럼으로 benzene, toluene 및 xylene이 분리가능함을 알 수 있었다.

Tabl 9는 각종 용제중의 B.T.X.를 정량한 값이다. Fig. 7과 Table 9로부터 추정할 수 있는 사실은 용제의 조성은 주로 C₅이하의 pentane 류분에 B.T.X.가 적당히 배합되었음을 알 수 있다. 그리고 이 용제를 분석한 GC 크로마토그램

은 일반휘발유와 그 패턴이 근본적으로 상이하다.

(2) 유사휘발유의 탄화수소 조성분석

Fig. 8은 대표적인 국산 고급휘발유에 용제를 각각 10, 25 vol%를 혼합조제한 유사휘발유를 분석한 GC 크로마토그램이고, 그 탄화수소 조성비를 Table 10에 기록하였다.

Fig. 8을 Fig. 4, 5 및 6과 비교하면 GC 크로마토그램의 총체적인 패턴은 같다. 따라서 GC 패턴만으로는 유사휘발유를 식별하기는 어렵다. 고로 탄화수소의 조성비를 구하든가. 또는 B.T.X.등의 특징적인 성분을 정량함으로써 구별

Table 10. HC composition of gasoline with solvent
(FID gas chromatogram with squalane capillary column)

Peak No	premium	Gasoline : Solvent		Solvent only	peak No	premium	Gasoline : Solvent		Solvent only
		90 : 10	75 : 25				90 : 10	75 : 25	
1	0.41	0.67	0.56	0.34	29				
2	1.95	2.73	2.27	0.07	30				
3	3.53	4.64	5.44	11.46	31	1.07	1.04	1.18	0.79
4	3.00	4.42	6.37	17.96	32				
5	0.99	0.95	0.95	0.62	33				
6	8.34	3.79	9.00	10.68	34	0.62	0.85	1.23	3.38
7	5.29	5.49	5.59	6.52	35				
8	5.29	7.39	8.33	14.74	36				
9	6.72				37	0.53	0.55	0.66	0.95
10	1.82	1.85	2.51	3.01	38				
11					39	1.46	1.25	1.18	0.24
12					40				
13					41				
14					42				
15	2.66	2.53	1.14	1.70	43	3.59	3.29	3.05	0.04
16	1.21	1.13	3.34	0.85	44	0.87	0.77	0.66	0.25
17	5.53	3.33	0.00	2.11	45				
18					46	3.82	3.38	2.84	0.38
19					47	12.42	10.44	9.43	0.58
20	2.62	2.77	3.15	0.05	48	5.00	5.23	4.70	0.09
21					49	3.24	2.83	2.01	0.07
22					50	5.06	4.31	3.03	0.03
23					51	9.46	8.52	7.66	1.95
24					52				
25					53	1.44	1.36	1.52	0.27
26	1.10	1.12	1.24	1.10	54				
27					55				
28	0.59	0.64	0.72	1.12	56				
29									

할 수 있다.

Table 10에서 지방족탄화수소분은 용제를 많이 가입할 수록 증가하고 있는 반면, 방향족 탄화수소분은 감소하고 있다. 즉 이것은 용제의 분석치로 미루어 볼때 회석에 기인함을 쉽게 이해할 수 있다.

4. 결 론

Squalane 모세관컬럼 및 Apiezon grease L 층

전컬럼에 의한 휘발유중의 탄화수소 조성분석을 한 결과는 다음과 같다.

4-1. 국산휘발유는 그 종류에 관계없이 크로마토그램 패턴이 상호 유사하다. 그러나 REF 휘발유와 비교하면 C₅ pentane 이하의 패턴과 C₈이상의 방향족 패턴에서 큰 차이를 볼 수 있다. 이것은 휘발유 제조방법의 차이에 기인한다고 믿어진다.

4-2. 고급은 보통휘발유에 비해 지방족탄화수소의 함량이 적은 대신 방향족탄화수소의 함량이 많았다. 이것은 휘발유의 조합공정에서 옥탄가 향상을 위한 방향족탄화수소 등의 첨가에 기인한다고 생각된다.

4-3. 국산 고급휘발유중의 방향족탄화수소의 함량이 EPA 규격치인 35vol%보다 많다.

4-4. 유사휘발유의 감정법을 제시하였다. GC 크로마토그램만으로는 식별하기 곤란하다. 따라서 탄화수소의 조성비를 비교하든지 또는 B.T. X. 등의 특성적인 성분에 관해 정량하여 비교검토함으로써 가능하다.

Technol, 5, 39(1971).

2. Dimitriades et al., *ibid*, 5, 323(1971).
3. J.E. Maynard and W.N. Sanders, *J. of Air poll. control assoc.*, 19(7), 505(1968).
4. W.N. Sanders and B. Maynard, *Analytical chemistry*, 40(3), 527(1968).
5. 中村鍾和 石油學會誌 16(1), 51(1973).
6. K. Grob and G.J. Grob, *Chrom. Sci.*, 7, 584(1969).
7. K. Grob and G.J. Grob *ibid*, 7, 587(1969).
8. E. Stenhagen, *Registry of Mass Spectral Data*, Vol. 1 John Wiley and Sons, Inc. New York(1974).
9. ASTM Method D 2427, *Annual book of ASTM standards part 24*, 273(1976).

참 고 문 헌

1. A.P. Altashuler et al., *Environ. Sci.*,

