

다종유류 오염 환경매체에서의 유류 분리·정량에 관한 연구(I)  
— 등유, 경유 정량을 중심으로 —

이 군 택\*·이 민 효\*\*

\*해천대학 환경관리과, \*\*국립환경연구원 토양환경과

**Quantification of Kerosene and Diesel in Mixed Petroleum Fuels for  
Environmental Sample Characterization**

Goon-Taek Lee\*, Min-Hyo Lee\*\*

*\*Dept. of Environmental Management, Hyecheon College*

*\*\*Soil Environment Division, National Institute of Environmental Research*

**ABSTRACT**

The objective of this study was to develop an effective separation and quantification method for kerosene and diesel in a mixed petroleum fuel (gasoline, kerosene, and diesel) contaminated environmental samples. This investigation was directed to prove the hypothesis that if the source of petroleum fuels were identical, the peak-area ratios of a reference n-alkane to other n-alkane peaks should be a constant even at the different concentrations. In addition, experimental recovery rates were determined to select the reference peaks of kerosene and diesel for peak area ratio measurements.

The experimental results showed that the peak area ratios were constant among the samples having different concentrations when the ratios were calculated from areas of C<sub>13</sub>, C<sub>14</sub>, and C<sub>15</sub> peaks for kerosene and C<sub>16</sub> and C<sub>17</sub> peaks for diesel as reference n-alkane peaks.

The recovery rates were evaluated by comparing the relative peak area ratios of each reference peaks after making pairs of the kerosene and diesel reference peaks in the

samples contained a known amount of gasoline, kerosene, and diesel. The recovery rates(%) were  $107.0_{\pm 20.6}/86.6_{\pm 15.9}$  for kerosene-C<sub>13</sub>/diesel-C<sub>16</sub>,  $99.6_{\pm 17.2}/86.6_{\pm 15.9}$  for kerosene-C<sub>14</sub>/diesel-C<sub>16</sub>,  $73.9_{\pm 14.4}/86.6_{\pm 15.9}$  for kerosene-C<sub>15</sub>/diesel-C<sub>16</sub>,  $109.4_{\pm 20.8}/75.9_{\pm 14.7}$  for kerosene-C<sub>13</sub>/diesel-C<sub>17</sub>,  $107.4_{\pm 17.9}/75.9_{\pm 14.7}$  for kerosene-C<sub>14</sub>/diesel-C<sub>17</sub>, and  $95.7_{\pm 14.6}/75.9_{\pm 14.7}$  for kerosene-C<sub>15</sub>/diesel-C<sub>17</sub>.

The above experimental results confirm that all of the reference peak pairs of kerosene and diesel are applicable to the quantitative analysis for the mixed fuel contaminated samples, but the kerosene-C<sub>15</sub>/diesel-C<sub>17</sub> peaks are recommended since the pair has a lower standard deviation than the other pairs.

**Key words :** n-alkanes, kerosene and diesel, petroleum fuels, quantitative method, chromatograms,

## 요 약 문

본 연구의 목적은 휘발유, 등유, 경유로 복합 오염되어있는 환경시료에서 등유, 경유에 대한 효율적인 분리·정량 방법을 찾기 위하여 동일 유류의 경우 기준 n-alkane의 면적비는 농도에 관계없이 일정하다는 가설하에 이를 입증하기 위한 실험과 등유, 경유의 기준 peak의 선정을 위한 회수율 실험을 실시하였다.

가설의 입증은 등유의 경우 n-alkane의 기준 peak를 C<sub>13</sub>, C<sub>14</sub>, C<sub>15</sub>로, 경유는 C<sub>16</sub>, C<sub>17</sub>로 각각 두고 이들 기준 피크에 대한 타 n-alkane의 상대 면적비를 구하여 농도가 다른 시료간에 상관성을 조사한 결과 모두 높은 유의성을 보여 동일 유류의 경우 기준 n-alkane에 대한 타 n-alkane의 면적비는 일정하다는 것이 증명되었다.

한편 회수율 실험은 휘발유, 등유, 경유가 일정농도로 혼합된 시료에서 등유, 경유의 기준 peak를 한 쌍으로 하여 이들 기준 피크별 n-alkane의 상대분포비를 적용하여 회수율(%)을 조사한 결과 등유-C<sub>13</sub>/경유-C<sub>16</sub>는  $107.0_{\pm 20.6}/86.6_{\pm 15.9}$ , 등유-C<sub>13</sub>/경유-C<sub>16</sub>는  $99.6_{\pm 17.2}/86.6_{\pm 15.9}$ , 등유-C<sub>15</sub>/경유-C<sub>16</sub>는  $73.9_{\pm 14.4}/86.6_{\pm 15.9}$ , 등유-C<sub>13</sub>/경유-C<sub>17</sub>는  $109.4_{\pm 20.8}/75.9_{\pm 14.7}$ , 등유-C<sub>14</sub>/경유-C<sub>17</sub>는  $107.4_{\pm 17.9}/75.9_{\pm 14.7}$ , 등유-C<sub>15</sub>/경유-C<sub>17</sub>는  $95.7_{\pm 14.6}/75.9_{\pm 14.7}$ 로 나타났다.

이상의 결과로 볼 때 등유와 경유의 기준 피크로 위에서 제시된 어떤 것을 사용하더라도 정량이 가능할 것으로 보이나 농도변화에 따른 표준편차가 가장 적은 등유-C<sub>15</sub>, 경유-C<sub>17</sub>를 기준 피크로 이용하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

**주제어 :** 노말 알칸, 등유와 경유, 유류, 정량방법, 크로마토그램

## 1. 서 론

유류는 우리 인류의 문명을 발전시키는데 커다란 공헌을 한 것은 주지의 사실이나, 내연기관, 보일러, 석유화학제품의 제조과정 등 유류를 이용하는 각종 시설로부터 발생하는 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> 등 각종 대기오염 물질은 환경전반에 악 영향을 미치고 있으며, 근래에는 석유류저장시설의 부식이나 부적절한 관리로 인한 유류의 누출로 토양 및 지하수의 오염이 크게 문제시 되고 있다.

미국의 경우 지하에 매설된 석유류 저장시설이 150만개 이상이 되는 것으로 알려져 있으며, EPA의 조사결과 약 30%가 누출되는 것으로 알려져 있다<sup>1)</sup>.

우리나라에서도 '96년부터 시행되고 있는 토양 환경보전법에 석유류저장시설의 누출에 의한 토양 오염방지를 위해 2만 l 이상의 석유류저장시설에 대해서는 토양오염유발시설로 지정하여 주기적으로 토양오염검사를 받도록 하고 있다. 특히 주유소와 같이 휘발유, 등유, 경유등 여러 종의 유류를 보유하고 있는 경우 복합오염의 개연성은 높으며, 근래 문제시 되었던 의왕시 화학공장과 같이 제조공정과 관련하여 여러 유류를 취급하는 업소에서 토양 및 지하수에 유류의 복합오염이 나타나고 있다<sup>2)</sup>.

이와 같이 토양이나 지하수에 유류가 복합 오염되어 있을 때 이들 유류의 개별 오염농도를 구하고자 할 경우 이에 대한 분석방법은 외국에서도 아직 없는 것으로 보인다.

유류 분석방법에 대한 개발이 가장 활발한 미국의 경우를 보면 EPA의 SW846-418.1<sup>3)</sup>방법은 유류의 농도를 IR(Infrared Spectroscopy)을 이용하여 총량을 구하는 비교적 단순한 방법이나 유류를 유종별로 구분할 수 없다. ASTM<sup>4)</sup>(American Society for Testing and Materials)에서 소개한

DRO(Diesel Range Organics)방법은 등유는 C<sub>9</sub>~C<sub>13</sub>, 경유는 C<sub>9</sub>~C<sub>23</sub>로 나누어 이 범위내의 모든 피크의 면적의 합을 이용하여 정량하거나 등유는 위 범위내의 5개 n-alkane의 피크 면적의 합 그리고 경유는 약 15개 n-alkane의 피크 면적의 합을 이용하여 정량하게 되어 있다. 미국석유협회<sup>5)</sup> 방법에서도 DRO 항목을 두어 C<sub>10</sub>~C<sub>18</sub>사이의 짝수 n-alkane 만을 정량하는 방법을 사용하고 있어 구체적인 유종 구별에는 곤란한 점이 있다. 그 밖에 미국의 Massachusetts주<sup>6)</sup>에서는 석유계탄화수소 분석방법으로 C<sub>9</sub>~C<sub>36</sub>의 n-alkane에서 14개 성분과 C<sub>10</sub>~C<sub>22</sub>사이의 17개 PAH 성분을 분석하는 방법을 채택하여 사용하고 있으며 Washington 주와 Oregon주에서는 NWTPH-Dx<sup>7)</sup>방법을 사용하고 있는데 이 방법은 유종별로 가스크로마토그램 상에 나타나는 피크의 pattern이 다른 점을 이용하여 유종을 구분할 수 있고 확인된 유종을 standard로 사용하여 정량하는 방법으로 pattern matching 또는 fingerprint법이라고도 한다. 그러나 이런 방법도 다중유류 오염시료 정량에 관한 명확한 방법을 제시하고 있지 않다.

본 연구는 환경매체에서 유류가 복합으로 오염되었을 때 이들 유류를 분리·정량하고자 등유, 경유 각각은 크로마토그램상에서 농도가 변화하여도 n-alkane 피크의 상대적 면적비는 일정하다는 가설하에 유종별로 기준 피크와 이에 따른 상대면적비를 결정하고 이를 이용하여 다중유류 오염 시료의 크로마토그램상에서 경유, 등유 순으로 피크의 면적을 분리해 내어 개별 정량하였다. 한편 본 연구는 유류 오염이 오래 진행되어 분해 및 풍화가 많이 된 매체에서는 적용하기 곤란한 방법이지만 국내에서 최근 많은 관심이 모아지고 있는 토양 중 유류 오염도 검사가 주로 주유소를 중심으로 시행되고 있는 점을 감안할 때 이들 지역의 토양오염이 저장탱크의 누출이 주원인이고 특성상 계속 누출이 진행중인 곳이 많기 때문에 유류의 성상이 비교적

**Table 1. Concentrations of the samples for the determination of Relative peak area ratio in chromatogram**

sample	conc.	sample	conc.
S1	Diesel 940 ppm*	S6	Kerosen 196 ppm
S2	Diesel 2130 ppm	S7	Kerosen 415 ppm
S3	Diesel 4030 ppm	S8	Kerosen 1000 ppm
S4	Diesel 6045 ppm	S9	Kerosen 1960 ppm
S5	Diesel 8866 ppm	S10	Kerosen 4150 ppm

\*ppm : mg/ l

**Table 2. Concentrations of the samples for the determination of Kerosene and Diesel**

sample	conc.
H1	Gasoline 965ppm* + Diesel 2129ppm + Kerosen 2896ppm
H2	Gasoline 1160ppm + Diesel 2250ppm + Kerosen 3020ppm
H3	Gasoline 1060ppm + Diesel 2020ppm + Kerosen 2910ppm
H4	Gasoline 2110ppm + Diesel 3070ppm + Kerosen 990ppm
H5	Gasoline 2030ppm + Diesel 3070ppm + Kerosen 1220ppm
H6	Gasoline 2010ppm + Diesel 2880ppm + Kerosen 920ppm
H7	Gasoline 2990ppm + Diesel 990ppm + Kerosen 1980ppm
H8	Gasoline 2876ppm + Diesel 1124ppm + Kerosen 1910ppm
H9	Gasoline 2920ppm + Diesel 960ppm + Kerosen 1960ppm

\*ppm : mg/ l

신선한 형태를 유지한다고 사료되며 이런 경우를 주목적으로 본 연구에서 제시된 방법을 적용하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 시료의 조제

본 실험에 사용된 유류는 H사 제품의 휘발유, 등유, 경유 3종이며, 시험 용액의 조제는 유류 일정량을 용량플라스크에 넣고 소수점 셋째자리까지 무게를 단 후 잔류농약분석용 디클로로메탄 용액으로 표선까지 채우고 충분히 흔들어 섞은 후 사용하

였다.

등유와 경유에서 n-alkane의 기준물질선정은 등유의 경우 휘발유의 피크( $C_5 \sim C_{12}$ )<sup>8)</sup>와 겹치지 않는  $C_{13}$ ,  $C_{14}$ ,  $C_{15}$ 의 3가지, 경유의 경우 등유의 피이크( $C_9 \sim C_{15}$ )와 겹치지 않는  $C_{16}$ 과  $C_{17}$ 을 대상으로 하였다. 등유와 경유에서 유류의 종류별로 크로마토그램상에 나타나는 n-alkane 성분의 기준 피크면적에 대한 다른 n-alkane 성분 피크의 상대면적비를 구하기 위해 동일 기기조건에서 최적의 크로마토그램을 얻을 수 있는 농도의 범위를 고려하여 경유는 940ppm~8866ppm, 등유는 196ppm~4150ppm까지 각각 5단계로 농도 구배

**Table 3. Analytical condition of gas chromatograph**

Detector		FID(Flame Ionization Detector)
Column	Type	DB-1
	Length	60m
	I.D.	0.32mm
Injection mode		Split
Injector temperature		280 °C
Detector temperature		300 °C
Oven temperature program		50 °C(3min)-↗(8 °C/min)-300 °C(10min)
Carrier gas		N <sub>2</sub> (99.999%)
Carrier gas flow rate		1 ml/min

를 두어 시료를 조제하여 사용하였다. 그리고 구해진 등유, 경유의 기준 피크에 대한 상대면적비를 적용하여 복합오염시 이들 유류 피크를 분리·정량한 후 그 회수율을 조사하기 위해 Table 2와 같이 휘발유, 등유, 경유를 저, 중, 고의 3가지 농도로 각각 조제하여 9가지의 처리조건을 두어 본 실험을 수행하였다.

유류 분석을 위한 가스크로마토그래피의 조건은 Table 3과 같다. 본 실험은 크로마토그램 해석을 통한 최종 정량방법 설정에 주목적이 있으므로 환경매체에 유류를 오염시키는 과정은 배제하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 가설입증시험

##### 3.1.1 경·등유의 기준 n-alkane에 대한 타 n-alkane의 상대면적비

Fingerprint법을 기본원리로 하여 동일 유종일 경우 농도가 변화하여도 n-alkane의 피크별 상대면적비는 변화하지 않을 것이라는 가설을 확인하는 실험을 수행하였다.

경유의 경우 크로마토그램상에 나타나는 C<sub>9</sub>~C<sub>24</sub>까지의 피크중 등유의 크로마토그램에서 볼 수 있는 C<sub>9</sub>~C<sub>15</sub>사이의 n-alkane과 중복되지 않고 피크 면적이 다른 피크에 비해 상대적으로 큰 C<sub>16</sub>과 C<sub>17</sub>을 기준물질로 하였으며, 이들 물질에 대한 타 n-alkane의 평균 상대면적비는 Table 4에 나타난 바와 같이 C<sub>16</sub>을 기준으로 하였을 때는 C<sub>9</sub> 0.67, C<sub>10</sub> 1.20, C<sub>11</sub> 1.05, C<sub>12</sub> 0.93, C<sub>13</sub> 0.97, C<sub>14</sub> 1.02, C<sub>15</sub> 1.13, C<sub>17</sub> 0.95, C<sub>18</sub> 0.78, C<sub>19</sub>

**Table 4. Average of relative peak area ratio for representing n-alkane(C<sub>16</sub>, C<sub>17</sub>) in Diesel**

n-alkane	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>17</sub>	C <sub>18</sub>	C <sub>19</sub>	C <sub>20</sub>	C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>23</sub>	C <sub>24</sub>
ratio(C <sub>16</sub> )	0.67	1.20	1.05	0.93	0.97	1.02	1.13	1.00	0.95	0.78	0.73	0.57	0.44	0.34	0.26	0.20
SD	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03	0.06	0.06	0.00	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
ratio(C <sub>17</sub> )	0.71	1.27	1.11	0.98	1.03	1.07	1.20	1.06	1.00	0.83	0.77	0.60	0.47	0.36	0.27	0.22
SD	0.02	0.04	0.03	0.04	0.04	0.06	0.07	0.04	0.00	0.04	0.05	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03

Each value is mean of five treatments.

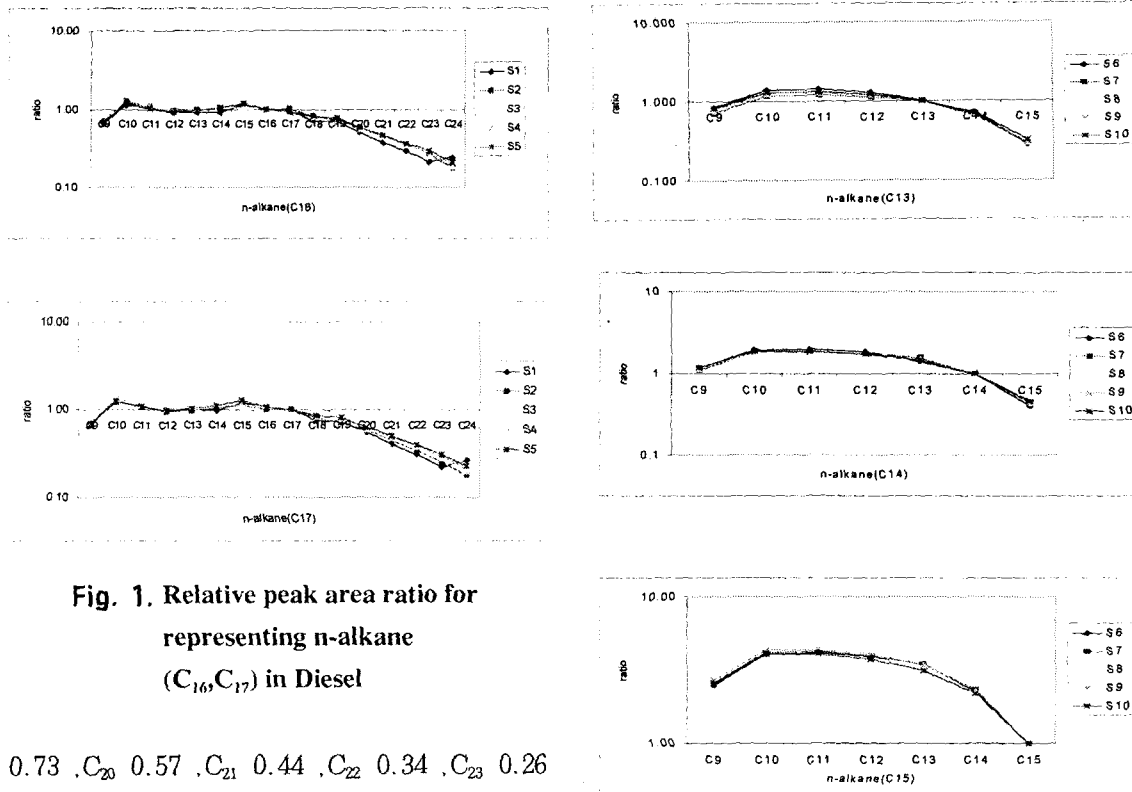


Fig. 1. Relative peak area ratio for representing n-alkane (C<sub>16</sub>, C<sub>17</sub>) in Diesel

0.73, C<sub>20</sub> 0.57, C<sub>21</sub> 0.44, C<sub>22</sub> 0.34, C<sub>23</sub> 0.26, C<sub>24</sub> 0.20 이었고, C<sub>17</sub>을 기준으로 하였을 때는 C<sub>9</sub> 0.71, C<sub>10</sub> 1.27, C<sub>11</sub> 1.11, C<sub>12</sub> 0.98, C<sub>13</sub> 1.03, C<sub>14</sub> 1.07, C<sub>15</sub> 1.20, C<sub>16</sub> 1.06, C<sub>18</sub> 0.83, C<sub>19</sub> 0.77, C<sub>20</sub> 0.60, C<sub>21</sub> 0.47, C<sub>22</sub> 0.36, C<sub>23</sub> 0.27, C<sub>24</sub> 0.22 이었다. C<sub>16</sub>을 기준으로 할 경우와 C<sub>17</sub>을 기준으로 할 경우 모두 농도 구배에 따른 피크별 상대면적비는 크게 상이하지 않았다.(Fig.1)

등유의 경우 크로마토그램상에 나타나는 C<sub>9</sub>~C<sub>15</sub>까지의 n-alkane 피크중 휘발유의 피크와 겹치지 않는 C<sub>13</sub>, C<sub>14</sub> 및 C<sub>15</sub>를 기준물질로 하였을 때, 이들 물질에 대한 타 n-alkane의 평균 상대면적비는 Table 5에 나타낸 바와 같이 C<sub>13</sub>을 기준으로 하였을 때는 C<sub>9</sub> 0.78, C<sub>10</sub> 1.26, C<sub>11</sub> 1.28, C<sub>12</sub> 1.19, C<sub>14</sub> 0.68, C<sub>15</sub> 0.30 이었고, C<sub>14</sub>을 기준으로 하였을 때는 C<sub>9</sub> 1.15, C<sub>10</sub> 1.84, C<sub>11</sub> 1.88, C<sub>12</sub> 1.74, C<sub>13</sub> 1.47, C<sub>15</sub> 0.44 이었고, C<sub>15</sub>을 기준으로 하였을 때는 C<sub>9</sub> 2.61, C<sub>10</sub> 4.21, C<sub>11</sub> 4.27, C<sub>12</sub>

Fig. 2. Relative peak area ratio for representing n-alkane (C<sub>13</sub>, C<sub>14</sub>, C<sub>15</sub>) in Kerosene

3.95, C<sub>13</sub> 3.37, C<sub>14</sub> 2.26 이었다. C<sub>13</sub>, C<sub>14</sub> 및 C<sub>15</sub>를 기준으로 할 경우 모두 농도 구배에 따른 피크별 상대면적비는 크게 상이하지 않았다.(Fig.2)

3.1.2 가설확인

3.1.1의 결과를 토대로 경유, 등유 각각 농도가 다른 5개의 시료에 대해 두 개씩 조합한 후 동일 n-alkane간의 피크별 상대면적비를 각각 X축, Y축으로 하여 회귀분석한 결과 얻어진 직선회귀모형과 결정계수는 Table 6,7과 같다. 직선회귀모형은 모든 경우에서 Y≃X의 양상을 보여주고 결정계수(coefficient of determination, r<sup>2</sup>)≃1이므로 동

**Table 5.** Average of relative peak area ratio for representing n-alkane(C<sub>13</sub>,C<sub>14</sub>,C<sub>15</sub>) in Kerosene

n-alkane	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub>
ratio(C <sub>13</sub> )	0.78	1.26	1.28	1.19	1.00	0.68	0.30
SD	0.05	0.08	0.08	0.07	0.00	0.03	0.02
ratio(C <sub>14</sub> )	1.15	1.84	1.88	1.74	1.47	1.00	0.44
SD	0.03	0.05	0.05	0.04	0.06	0.00	0.01
ratio(C <sub>15</sub> )	2.61	4.21	4.27	3.95	3.37	2.26	1.00
SD	0.11	0.22	0.19	0.17	0.15	0.05	0.00

Each value is mean of five treatments.

**Table 6.** Linear regression analysis of relative peak area ratio for representing n-alkane(C<sub>16</sub>, C<sub>17</sub>) in Diesel

Pair(C <sub>16</sub> *)	Linear regression model	r <sub>2</sub>	Pair(C <sub>17</sub> *)	Linear regression model	r <sub>2</sub>
(S1,S2)	y=1.0696x	0.9811	(S1,S2)	y=0.9915x	0.9811
(S1,S3)	y=1.0341x	0.9722	(S1,S3)	y=1.0431x	0.9724
(S1,S4)	y=1.0525x	0.9764	(S1,S4)	y=1.0681x	0.9775
(S1,S5)	y=1.0498x	0.9713	(S1,S5)	y=1.0486x	0.9712
(S2,S3)	y=0.9669x	0.9934	(S2,S3)	y=1.0521x	0.9933
(S2,S4)	y=0.9838x	0.9940	(S2,S4)	y=1.0770x	0.9945
(S2,S5)	y=0.9811x	0.9856	(S2,S5)	y=1.0571x	0.9851
(S3,S4)	y=1.0171x	0.9950	(S3,S4)	y=1.0233x	0.9950
(S3,S5)	y=1.0135x	0.9760	(S3,S5)	y=1.0036x	0.9757
(S4,S5)	y=0.9971x	0.9907	(S4,S5)	y=0.9815x	0.9907

\* Representing n-alkane in diesel

일한 n-alkane의 기준 피크에 대한 상대면적비는 각각의 조합을 이루고 있는 두 시료간에 서로 다르지 않음을 보여주었으며 궁극적으로는 농도 구배에 영향을 받지 않고 항상 일정한 값을 갖음을 말해주고 있다.

### 3.2 회수율시험

휘발유, 등유, 경유 각각의 농도를 저, 중, 고 3

개 농도 수준으로 도합 9개의 혼합시료를 조제한 후 가스크로마토그래프에 주입하여 생산된 크로마토그램을 가지고 3.1에서 구한 기준 n-alkane과 이에 대한 상대면적비를 적용하여 등유, 경유 피크의 면적을 분리·정량하였다. 회수율 구하는 방법을 간략히 소개하면 혼합시료 크로마토그램으로부터 우선적으로 경유의 기준 n-alkane 피크 면적과 이에 대한 다른 피크의 상대면적비를 이용하여 경유에서 유래된 n-alkane의 면적을 구한 후 시료

**Table 7. Linear regression analysis of relative peak area ratio for representing n-alkane(C<sub>13</sub>, C<sub>14</sub>, C<sub>15</sub>) in Kerosene**

Pair(C <sub>13</sub> *)	Linear regression model	r <sub>2</sub>	Pair(C <sub>14</sub> *)	Linear regression model	r <sub>2</sub>	Pair(C <sub>15</sub> *)	Linear regression model	r <sub>2</sub>
(S6,S7)	y=0.8782x	0.9700	(S6,S7)	y=0.9686x	0.9717	(S6,S7)	y=1.0165x	0.9979
(S6,S8)	y=0.9069x	0.9823	(S6,S8)	y=0.9634x	0.9837	(S6,S8)	y=1.0719x	0.9836
(S6,S9)	y=0.9426x	0.9930	(S6,S9)	y=0.9836x	0.9940	(S6,S9)	y=1.0357x	0.9902
(S6,S10)	y=0.9516x	0.9817	(S6,S10)	y=0.9681x	0.9920	(S6,S10)	y=0.9650x	0.9861
(S7,S8)	y=1.0318x	0.9979	(S7,S8)	y=0.9938x	0.9979	(S7,S8)	y=1.0549x	0.9911
(S7,S9)	y=1.0714x	0.9902	(S7,S9)	y=1.0137x	0.9902	(S7,S9)	y=1.0191x	0.9964
(S7,S10)	y=1.0815x	0.9861	(S7,S10)	y=0.9975x	0.9861	(S7,S10)	y=0.9497x	0.9941
(S8,S9)	y=1.0386x	0.9964	(S8,S9)	y=1.0202x	0.9964	(S8,S9)	y=0.9657x	0.9981
(S8,S10)	y=1.0485x	0.9941	(S8,S10)	y=1.0040x	0.9941	(S8,S10)	y=0.8999x	0.9954
(S9,S10)	y=1.0096x	0.9986	(S9,S10)	y=0.9841x	0.9986	(S9,S10)	y=0.9319x	0.9986

\* Representing n-alkane in kerosene

조제시 사용된 H사 경유를 표준품으로 농도별 n-alkane 면적의 합을 이용, 검량선을 구하여 혼합 시료중 경유의 농도를 측정하였으며 등유는 경유에서 유래된 n-alkane의 면적을 뺀 나머지 면적중 기준 n-alkane으로 선정된 피크의 면적과 이에 대한 다른 피크의 상대면적비를 이용하여 등유에서 유래된 n-alkane의 면적을 구한 후 경유와 동일한 방법으로 농도를 측정하였다. 이렇게 측정된 값을 Table 2에 나타낸 시료조제 농도로 나누어 회수율을 구하였다. 이와 같이 경유에서 유래된 n-alkane 피크의 면적을 분리해내어야 등유에서 유래된 n-alkane의 면적을 구할 수 있으므로 3.1.1에 나타낸 기준 n-alkane 피크를 가지고 등유-C<sub>13</sub>/경유-C<sub>16</sub>, 등유-C<sub>14</sub>/경유-C<sub>16</sub>, 등유-C<sub>15</sub>/경유-C<sub>16</sub>, 등유-C<sub>13</sub>/경유-C<sub>17</sub>, 등유-C<sub>14</sub>/경유-C<sub>17</sub>, 등유-C<sub>15</sub>/경유-C<sub>17</sub>와 같이 짝을 지어 회수율을 조사하였고 결과는 Table 8에 나타낸 바와 같다. 조사된 회수율로 볼 때 휘발유, 등유, 경유가 복합으로 오염되어 있는 환경시료에서 등유, 경유의 분리 정량

을 위해서는 위에 제시된 등유/경유의 어떤 기준피크를 사용하더라도 정량이 가능 할 것으로 보이나, 다른 조합에 비해 등유의 경우 다소 회수율은 낮지만 농도 변화에 따른 표준편차가 가장 작은 등유 C<sub>15</sub>, 경유 C<sub>17</sub>을 기준피크로 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

휘발유, 등유, 경유에 복합오염 되어 있는 환경 시료에서 등유와 경유를 분리·정량해야 할 경우 등유는 C<sub>15</sub>, 경유는 C<sub>17</sub>의 n-alkane을 기준 피크로 하여 이들 피크에 대한 다른 n-alkane 피크의 상대면적비를 구한 후 이를 이용하여 분리·정량할 경우 적용이 가능한 것으로 판단된다.

유류 정량에 관한 방법은 다양한 방법이 제시되어 있고 방법에 따라 장·단점이 있어 어느 특정한 방법이 가장 우수한 방법이라고 결정짓기가 어렵다. 그렇기 때문에 분석 주체의 목적과 상황에 적



Table 8. The results of recovery test

(unit : %)

sample fuel	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	Mean	SD
Diesel(C <sub>16</sub> )/ Kerosen(C <sub>13</sub> )	85.5/ 87.4	70.4/ 69.6	104.0/ 94.2	72.4/ 104.0	77.9/ 114.0	92.0/ 129.0	122.0/ 135.0	77.6/ 114.	77.9/ 116.0	86.6/ 107.0	15.9/ 20.6
Diesel(C <sub>16</sub> )/ Kerosen(C <sub>14</sub> )	85.5/ 81.2	70.4/ 68.9	104.0/ 94.6	72.4/ 99.0	77.9/ 101.0	92.0/ 125.0	122.0/ 119.0	77.6/ 104.0	77.9/ 103.0	86.6/ 99.6	15.9/ 17.2
Diesel(C <sub>16</sub> )/ Kerosen(C <sub>15</sub> )	85.5/ 62.7	70.4/ 51.9	104.0/ 68.9	72.4/ 69.8	77.9/ 87.0	92.0/ 100.0	122.0/ 83.0	77.6/ 66.0	77.9/ 76.0	86.6/ 73.9	15.9/ 14.4
Diesel(C <sub>17</sub> )/ Kerosen(C <sub>13</sub> )	74.6/ 92.9	62.8/ 73.4	92.5/ 99.6	70.3/ 108.0	74.5/ 119.0	89.9/ 133.0	101.1/ 143.0	62.5/ 106.0	54.7/ 110.0	75.9/ 109.4	14.7/ 20.8
Diesel(C <sub>17</sub> )/ Kerosen(C <sub>14</sub> )	74.6/ 89.2	62.8/ 74.7	92.5/ 103.0	70.3/ 105.0	74.5/ 109.0	89.9/ 131.0	101.1/ 130.0	62.5/ 112.0	54.7/ 113.0	75.9/ 107.4	14.7/ 17.9
Diesel(C <sub>17</sub> )/ Kerosen(C <sub>15</sub> )	74.6/ 83.6	62.8/ 75.6	92.5/ 89.5	70.3/ 86.0	74.5/ 107.0	89.9/ 118.0	101.1/ 112.0	62.5/ 86.6	54.7/ 103.0	75.9/ 95.7	14.7/ 14.6

( ) : Representing n-alkane for the separation of peak areas

합한 방법을 선택하는 것이 합리적일 것이다. 본 실험에서 제시된 방법은 주유소 저장 탱크 주변 토양 등에서 유종별 오염도를 측정할 필요성이 있거나 분석시 표준품을 시판중인 경유나 등유를 이용할 경우 또는 직접적으로 표준품으로 사용되지 않더라도 경유, 등유가 총석유계탄화수소의 환산 기준으로 사용될 경우에 선택의 대상으로 고려될 만할 것이다.

## 5. 참고 문헌

1. 방용호, 신음하는 지구촌, 현대사상사, pp.350~352(1994)
2. 국립환경연구원, 의왕시 소재 유류오염부지 등에 대한 토양정밀 조사 보고서, pp.1~38(1999)
3. EPA Method 418.1, Total Recoverable Petroleum Hydrocarbon, Methods for Chemical Analysis of Water and Waste, EPA 600/4-4-79-020,(1983)
4. 표희수, 박송자, 박성수, 홍지은, 이강진(재인용) "오염토양중의 유류분석법", 한국 토양환경학회 3(2), pp3~12(1998)
5. American Petroleum Institute, Interlaboratory Study of Three Methods for Analyzing Petroleum Hydrocarbon in Soils, pp. 1~21(1994)
6. Massachusetts Department of Environmental Protection, Method for the Determination of Extractable Petroleum Hydrocarbons(EPH), pp.1~9(1995)
7. Washington State Department of Ecology, Analytical Methods for Petroleum Hydrocarbons, pp19~26(1997)
8. G.Mattney Cole, Assessment and Remediation of Petroleum Contaminated Sites, CRC Press, Inc., pp271~286(1994)