



## 저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석 사 학 위 논 문

자동차용 유사회발유 관련 사고사례  
분석 및 검출방법에 관한 연구

2013년



한성대학교 대학원

기계시스템공학과

기계시스템공학전공

고 범 석

석 사 학 위 논 문  
지도교수 윤재건

자동차용 유사휘발유 관련 사고사례  
분석 및 검출방법에 관한 연구

A Study on the Detecting Method and the Analysis of  
Accidents by Illegally Processed Gasoline

2012년 12월 일

한성대학교 대학원

기계시스템공학과

기계시스템공학전공

고 범 석

석사학위논문  
지도교수 윤재건

자동차용 유사휘발유 관련 사고사례  
분석 및 검출방법에 관한 연구

A Study on the Detecting Method and the Analysis of  
Accidents by Illegally Processed Gasoline

위 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함

2012년 12월 일

한성대학교 대학원

기계시스템공학과

기계시스템공학전공

고 범 석

고범석의 공학 석사학위논문을 인준함

2012년 12월 일

심사위원장 \_\_\_\_\_ 주 창 업 \_\_\_\_\_ 인

심 사 위 원 \_\_\_\_\_ 박 두 용 \_\_\_\_\_ 인

심 사 위 원 \_\_\_\_\_ 윤 재 건 \_\_\_\_\_ 인

# 국 문 초 록

## 자동차용 유사휘발유 관련 사고사례 분석 및 검출방법에 관한 연구

한성대학교 대학원  
기계시스템공학과  
기계시스템공학전공  
고 범 석

2011년 9월 유사휘발유를 저장하고 판매한 주유소 폭발사고와 같이 유사휘발유의 사용에 따라 화재사고나 폭발사고와 같은 안전사고가 빈번히 일어나고 있으며 차량과 환경에 많은 문제를 일으키고 있다.

본 연구에서는 유사휘발유 사용에 따른 사고사례를 분석하고 원인을 파악하였다. 유사휘발유와 정상휘발유의 차이를 통해 차량과 환경에 미치는 영향을 검토하였다. 또한 유사휘발유 관련 특허 분석과 사고의 원인인 증기압을 고려한 검출방법을 살펴보고 가능성을 판단하였다.

유사휘발유의 사고사례의 유형은 제조(보관)시, 운반시, 사용(급유)시로 분류된다. 대부분의 사고는 유사휘발유의 유증기에 의해 발생하였다. 제조시설은 설비와 소방시설이 미흡하고 화재에 대한 안전의식이 결여되어 있기 때문에 사고의 위험이 높다. 또한 유사휘발유 저장탱크는 유증기 배출장치가 설치되지 않아 폭발 가능성이 높다. 운반하는 과정에서 적재된 유사휘발유는 차량의 사고발생시 마찰스파크나 화재 등으로 2차 화재 및 폭발사고의 위험성이 커진다.

유사휘발유는 용제와 톨루엔, 메탄올을 이용하여 제조된다. 제조방법에 따라 옥탄값, 증기압, 방향족 탄화수소의 부피, 메탄올 함량이 정상휘발유

의 품질기준을 만족하지 못한다. 따라서 노크현상, 시동성 저하, 증기폐쇄 현상, 미연소 탄화수소 배출량의 증가, 엔진과 연료계통의 부식의 문제가 발생한다.

OBD-II(On-Board Diagnostic System)의 증발가스 누출검사시스템은 연료탱크 압력센서로 연료탱크계(Leak detection area)에 부압을 가하고 시간에 따른 압력구배를 비교하여 누출을 감지한다. 연료의 증기압은 차량 주행에 따라 정해진 기준값에 도달한 연료레벨과 정해진 부압에 도달하는 시간으로 추정할 수 있으며 연료온도에 대한 보정이 필요하다.

결과적으로 OBD-II의 증발가스 검출을 위한 연료탱크 기상부의 감압과정과 연료레벨센서의 신호를 이용하고 연료온도에 대한 보정을 실시하여 정해진 부압에 도달하는 시간을 측정함으로써 정상휘발유의 범위를 벗어나는 경우 유사휘발유를 검출하는 시스템의 구성이 가능하다고 판단된다.

【주요어】 유사휘발유, 유사휘발유 사고사례, 유사휘발유 판별장치



# 목 차

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 제 1 장 서 론 .....                    | 1  |
| 제 1 절 연구의 목적 .....                 | 1  |
| 제 2 절 연구의 범위와 방법 .....             | 2  |
| 제 2 장 유사휘발유에 사고사례 조사 및 분석 .....    | 3  |
| 제 1 절 유사휘발유 제조(보관)시 사고 .....       | 3  |
| 제 2 절 유사휘발유 운반시 사고 .....           | 10 |
| 제 3 절 유사휘발유 사용(급유)시 사고 .....       | 14 |
| 제 4 절 석유 가격 비교 및 유사휘발유의 유통량 .....  | 17 |
| 제 3 장 차량 및 환경에 미치는 영향 .....        | 20 |
| 제 1 절 정상 휘발유의 성분 및 특성 .....        | 20 |
| 제 2 절 유사 휘발유의 성분 및 특성 .....        | 25 |
| 제 3 절 차량의 엔진과 환경에 미치는 영향 .....     | 31 |
| 제 4 장 유사휘발유의 검출 방법 .....           | 34 |
| 제 1 절 유사휘발유 검출을 위한 특허조사 및 분석 ..... | 34 |
| 제 2 절 증기압 측정 관련 특허조사 .....         | 41 |
| 제 3 절 OBD-II의 증발가스 누출감지 시스템 .....  | 43 |
| 제 4 절 증기압 차이를 이용한 유사휘발유 검출 .....   | 46 |
| 제 5 장 결 론 .....                    | 48 |
| 【참고문헌】 .....                       | 50 |
| ABSTRACT .....                     |    |



## 【 표 목 차 】

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| Table 2.1 제조(보관)시 사고사례 .....           | 3  |
| Table 2.2 운반시 사고사례 .....               | 10 |
| Table 2.3 사용(급유)시 사고사례 .....           | 14 |
| Table 2.4 구매력 평가에 따른 휘발유 가격비교 .....    | 17 |
| Table 2.5 구매력 평가에 따른 휘발유 세금비교 .....    | 18 |
| Table 2.6 주요국가의 휘발유 가격비교 .....         | 18 |
| Table 2.7 유사휘발유 유통 추정량 .....           | 19 |
| Table 3.1 자동차용 휘발유의 조성 .....           | 20 |
| Table 3.2 자동차용 정상휘발유의 품질기준 .....       | 21 |
| Table 3.3 유사휘발유의 제조 유형 .....           | 26 |
| Table 3.4 석유사업자의 유사휘발유 유형 .....        | 27 |
| Table 3.5 비석유사업자의 유사휘발유 유형 .....       | 27 |
| Table 3.6 용제의 품질기준 .....               | 28 |
| Table 3.7 톨루엔의 물성 .....                | 29 |
| Table 3.8 메탄올의 물성 .....                | 30 |
| Table 3.9 정상휘발유와 유사휘발유의 물성 측정 결과 ..... | 31 |
| Table 4.1 국내 유사연료 검출 특허 .....          | 34 |

## 【 그림 목 차 】

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig 2.1 유사휘발유 제조 중 사고 발생 현장 .....                                                         | 7  |
| Fig 2.2 유사휘발유 제조 중 사고 발생 현장(저장탱크) .....                                                   | 8  |
| Fig 2.3 유사휘발유 보관 중 주유소 사고 현장 .....                                                        | 9  |
| Fig 2.4 유사휘발유 보관 중 주유소 사고 현장(후면) .....                                                    | 9  |
| Fig 2.5 차량고장에 의한 유사휘발유 운반 중 화재 .....                                                      | 11 |
| Fig 2.6 차량고장에 의한 유사휘발유 운반 중 화재(내부) .....                                                  | 12 |
| Fig 2.7 운반 중 유증기에 의한 유사휘발유 화재 .....                                                       | 13 |
| Fig 2.8 운반 중 유증기에 의한 유사휘발유 화재(내부) .....                                                   | 13 |
| Fig 2.9 유사휘발유 급유 중 유증기에 의한 사고 .....                                                       | 15 |
| Fig 2.10 유사휘발유 급유 중 부주의에 의한 사고 .....                                                      | 16 |
| Fig 2.11 유사휘발유 급유 중 부주의에 의한 사고 .....                                                      | 16 |
| Fig 3.1 온도에 따른 휘발유의 증기압 .....                                                             | 23 |
| Fig 3.2 휘발유의 증류성상 (2008 US) .....                                                         | 24 |
| Fig 3.3 온도에 따른 톨루엔의 증기압 .....                                                             | 29 |
| Fig 3.4 온도에 따른 메탄올의 증기압 .....                                                             | 30 |
| Fig 3.5 산소성분에 의한 휘발유 증기압 변화 .....                                                         | 33 |
| Fig 4.1 유사연료 판별장치 .....                                                                   | 35 |
| Fig 4.2 유사휘발유 판별장치 .....                                                                  | 36 |
| Fig 4.3 차량장착용 휘발유 검사장치 .....                                                              | 37 |
| Fig 4.4 차량탑재형 연료 검사장치 .....                                                               | 38 |
| Fig 4.5 폴리다이아세틸렌 함유 폴리머 센서 섬유를 이용한 유사휘발유 검지<br>방법 및 유사휘발유 검지용 폴리다이아세틸렌 함유 폴리머 센서 섬유 ..... | 39 |
| Fig 4.6 연료유 검사장치 .....                                                                    | 40 |
| Fig 4.7 유사 연료 판별장치 및 시스템 .....                                                            | 40 |
| Fig 4.8 연료레벨에 따른 측정시간동안 증기압 변화 .....                                                      | 41 |
| Fig 4.9 증발가스계통 제어시스템(부압방식) .....                                                          | 44 |
| Fig 4.10 증발가스 누출감지 시스템의 압력거동 .....                                                        | 45 |
| Fig 4.11 증기압 구배에 따른 유사휘발유 검출 .....                                                        | 47 |

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구의 목적

국내에는 2011년 기준 약 1,800만 대의 자동차가 등록되어 있다.<sup>[1]</sup> 이는 국내 인구 2.7명 당 1대 정도의 비율로 이는 자동차가 사람들의 일상과 밀접한 관계를 가지고 있다는 것을 알 수 있다. 휘발유는 자동차의 엔진을 구동시키는 연료로 사용되고 있다. 국내에는 이러한 휘발유를 전량 수입에 의존하고 있다. 국제 원유가격이 상승하고 국내의 자동차용 휘발유의 세율이 인상됨에 따라 자동차용 휘발유의 가격도 큰 폭으로 상승하게 되었다. 고유가가 지속되고 석유제품과 석유화학제품간 세금격차가 있어 이를 혼합하여 차량에 급유함으로써 생기는 세금차액의 부담이득을 얻고자 하는 공급자와 정상휘발유 가격에 부담을 느끼는 소비자의 이해관계가 맞아 유사휘발유의 제조와 유통 및 사용이 지속되고 있다.

유사휘발유는 소비자들이 대체연료 제품으로 오인하거나 불법이라는 점에 대한 확고한 인식이 부족하다. 최근 정부에서 「유사석유제품 근절 종합대책」을 발표하여 강력하고 효과적인 단속과 실효성 있는 처벌을 통해 유사석유 제품의 유통을 근절하여 국민 안전과 사회질서를 확립하겠다고 발표했다.<sup>[2]</sup> 2011년 9월 유사휘발유를 판매하던 주유소 폭발사고와 같이 유사휘발유의 사용이 많아짐에 따라 화재사고나 폭발사고와 같은 안전사고가 빈번히 일어나고 있으며 차량과 환경에 많은 문제를 초래하고 있다.

본 연구에서는 유사휘발유를 제조하고 유통하면서 발생하였던 사고사례를 분석하여 사고원인을 파악하였다. 유사휘발유가 엔진과 환경에 미치는 영향에 대한 검토와 유사휘발유를 판별할 수 있는 장치에 대한 특허를 분석하고 검출할 수 있는 방법에 대한 가능성을 제시하였다.

## 제 2 절 연구의 범위와 방법

본 연구는 유사휘발유의 사고사례 및 검출방법에 대해 다음과 같은 범위에서 연구를 진행하였다.

첫째, 유사연료 사용 관련 사고사례를 수집하여 사고원인 분류를 통하여 사고의 원인을 분석하였다.

둘째, 자동차용 정상휘발유와 유사휘발유의 성분차이를 파악하여 유사휘발유가 차량과 환경에 미치는 영향을 검토하였다.

셋째, 정상휘발유와 유사휘발유 판별에 대한 특허를 분석하고 유사휘발유 검출방법에 대한 가능성을 제시하였다.

본 연구에서는 2005년부터 2010년까지 소방방재청에 등재된 유사연료 관련 사고사례를 수집하여 분석하였다. 유사석유제품과 관련된 국내의 문헌과 행정기관에서 발간된 보고서와 언론보도를 참고하여 유사휘발유의 성분을 파악하고 이를 통하여 차량과 환경에 미치는 영향을 검토하였다. 국내의 특허자료를 수집하여 유사휘발유 판별 장치에 대한 특허 분석을 하였다. 또한 연료의 증기압에 관련된 특허와 OBD-II(On-Board Diagnostic System)관련 보고서를 분석하여 유사휘발유의 검출방법에 대해 제시하였다.

## 제 2 장 유사휘발유 사고사례 조사 및 분석

2005년부터 2010년까지 소방방재청의 위험물 사고사례집 자료를 토대로 유사휘발유에 의하여 발생한 사고사례를 조사하고 분석해 본 결과 사고의 유형이 제조(보관)시, 운반시, 사용(급유)시로 분류되며 발생한 45건 사고 중 유증기에 의해 착화되어 발생한 화재사고가 26건으로 많았다.

### 제 1 절 유사휘발유 제조(보관)시 사고

유사휘발유 제조(보관)시 사고는 32건이 발생하였다. 불법적으로 유사휘발유를 제조하는 시설은 시 외곽의 구석진 위치에서 음성적으로 행하여지는 형태 또는 주택가에서 불법적으로 제조, 저장하기 때문에 단속에 어려움이 있다. 안전시설이나 소방시설이 미흡하여 화재 등 재난에 대한 많은 위험요소가 있으며 설비가 열악하고 화재에 대한 안전의식이 결여되어 있기 때문에 사고의 위험이 매우 높다.

Table 2.1 제조(보관)시 사고사례<sup>[3]</sup>

| 일시       | 장소       | 사고내용                                                                              |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 05.04.06 | 전남<br>광양 | 컨테이너 내에서 가스난로를 켜놓고 유사휘발유를 다른 용기로 옮겨 담던 중 20리터 용기가 전도되어 유증기가 가스난로 열기에 착화된 화재 사고    |
| 05.07.13 | 경기<br>고양 | 유사휘발유 불법제조 작업장에 원인미상의 화재가 발생하여 인근 3개동 창고에 연소 확대된 사고                               |
| 05.08.27 | 경기<br>파주 | 도로상에서 차량에 유사휘발유 324리터(18리터-18통)를 차량에 보관 중 차량내부 기온상승으로 인하여 유사휘발유 유증기가 자연발화 한 화재 사고 |

|          |           |                                                                                                                           |
|----------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 05.09.23 | -         | 무허가유사휘발유 제조업체의 유사휘발유 저장탱크에서 원료를 혼합하는 중 호스 결합구 부분의 연료가 바닥으로 누유되어 모터전원을 차단하기 위하여 전원 플러그를 뽑는 순간 전기스파크로 화재 발생 사고              |
| 05.09.29 | 김포        | 유사휘발유 작업장 내 콤프레서 부근에서 화재가 발생하여 차량 및 건물에 화재 발생 사고                                                                          |
| 05.11.08 | 대전        | 공터(야적장)에 주차해 놓은 대형트럭의 유류탱크에서 봉고트럭의 운반용기로 유사휘발유를 옮겨 싣는 작업을 하던 중 취급부주의로 화재가 발생한 사고                                          |
| 05.11.11 | 경기<br>남양주 | 지상3층 주택 건물의 1층 내부에 유류배합기를 이용하여 유사휘발유를 배합 중 전기스파크에 의하여 유증기에 착화, 연소 확대된 화재 사고                                               |
| 06.10.31 | 경기<br>고양  | 유사휘발유 불법 제조 작업장에서 취급 중이던 용제가 전기모터 스파크 불꽃에 착화된 것으로 추정되는 화재가 발생한 사고                                                         |
| 06.07.28 | 광주<br>북구  | 2.5톤 냉동 탑차에 유사휘발유 제조 탱크로리를 만들어 놓고 솔벤트(1,200L)와 톨루엔(800L)을 혼합 유사휘발유를 제조 작업하던 중 0.5마력 양수기모터에서 발생한 스파크가 유증기에 착화되어 화재가 발생한 사고 |
| 06.10.14 | 대전<br>대덕  | 트럭(1,000리터 플라스틱용기)에서 유사휘발유를 차량(1,000리터 플라스틱용기)으로 옮기던 중 철재 주유기로 인한 정전기가 발생하면서 유사휘발유에 착화하여 발생한 사고                           |
| 06.06.30 | 대전<br>대덕  | ○○모텔 건물 지하1층 보일러실에서 유사경유의 유증기 폭발로 추정되는 화재가 발생한 사고                                                                         |
| 06.08.26 | -         | 무허가위험물 제조소등에서 유사휘발유를 제조한 후 20ℓ 용기에 분배작업 중 유증기가 채류된 상태에서 환풍기의 전원을 켜는 순간 전기스파크로 인하여 화재가 발생한 사고                              |
| 06.05.31 | 전북<br>진주  | 도로상에서 위험물차량에 유사휘발유를 저장·취급하다 미상인의 방화로 발생한 화재 사고                                                                            |
| 07.03.27 | 경기<br>김포  | ○○공지에서 유사휘발유 화물차량에서 발생한 화재 사고                                                                                             |
| 07.06.04 | 경기<br>고양  | 유사휘발유 제조 원예용 비닐하우스에서 취급 중 부주의로 추정되는 화재가 발생하는 것을 목격, 초기진화를 시도하였으나 차량 및 모터 등이 연소되고 옆 건물로 연소 확대가 진행된 사고                      |

|          |          |                                                                                                                              |
|----------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 07.01.20 | 대전<br>대덕 | 공터에서 트럭의 대형 플라스틱 유류통에서 18ℓ의 플라스틱 용기에 옮겨 담는 작업 중 미상의 스파크가 유증기에 착화되어 발생한 화재 사고                                                 |
| 07.05.23 | 대전<br>동구 | ○○터널 출구부분 도로가에 주차한 차량 적재함에서 위험물(유사휘발유로 판단됨)을 혼합하기 위하여 적재함 내에서 펌프를 가동하던 중 펌프의 정전기 또는 스파크에 의해 유증기에 착화되어 발생한 사고.                |
| 07.06.16 | 대전<br>유성 | 유사휘발유 제조업체 부지 내 주차 중이던 차량에서 발생한 화재로 화재차량 적재함 내에 유사휘발유 18리터 용기 45개가 적재되어 있었고, 인근 트럭 3대에서도 원형 FRP용기가 발견되었으며 미상인에 의해 방화된 화재 사고. |
| 07.07.25 | 대전<br>대덕 | 주택 내에서 1톤 트럭에 적재된 유사휘발유(시너)로 추정되는 위험물을 모터펌프를 이용하여 옮겨 담는 작업을 하던 중 모터 부분에서 발생한 스파크에 유증기가 착화하여 발생한 화재 사고                        |
| 07.09.07 | -        | 승용차 소유자가 플라스틱 통에 유사휘발유를 옮겨 담는 작업 중 담뱃불에 의한 유증기에 착화되어 발생한 화재 사고                                                               |
| 07.05.26 | 울산<br>북구 | 주택내 유사석유제품 보관창고에서 천정부분의 형광등이 단락되어 화재가 발생되어 천정에서 불씨가 떨어져 아래에 있는 유류통에 착화되어 유류 등으로 연소 확대된 사고                                    |
| 07.03.06 | 충남<br>공주 | 유사휘발유를 탭 차량의 4각 플라스틱용기에서 모터펌프를 이용, 소분하여 옮겨 담던 중 발생한 유증기가 미상의 점화원에 의하여 착화된 사고                                                 |
| 07.05.23 | 대전<br>동구 | ○○터널 출구부분 도로가에 주차한 차량 적재함에서 위험물(유사휘발유로 판단됨)을 혼합하기 위하여 적재함 내에서 펌프를 가동하던 중 펌프의 정전기 또는 스파크에 의해 유증기에 착화되어 발화한 사고                 |
| 08.02.28 | 인천<br>연수 | ○○야적장 부지에서 유사휘발유를 제조 및 판매하는 장소로 야간작업을 하던 중 스파크가 발생하여 채류된 유증기에 착화 발화된 화재 사고                                                   |

|          |          |                                                                                                                                 |
|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 08.03.24 | 대전<br>대덕 | ○○파크뷰 공터 주차장에서 신원미상이 봉고차에 적재된 유사휘발유로 추정되는 위험물 모터펌프를 이용하여 옮겨담는 작업을 하던 중 모터 부분에서 발생한 스파크에 유증기가 착화하여 발생한 화재 사고                     |
| 08.07.19 | 전북<br>완주 | 유사휘발유 제조자가 차량으로 유사휘발유 제조에 사용되는 재료(솔벤트 등 위험물)를 운반하여 상기 장소에 저장 작업을 하던 중 전기 불꽃으로 추정되는 화재가 발생하자 차량을 가지고 도주한 사고                      |
| 08.11.19 | 대전<br>동구 | 3층주택 점포 건물 1층 유사휘발유 작업실에서 발생한 화재로 FRP용기(원형 1,000ℓ)에서 플라스틱 20ℓ에 옮겨 담는 작업을 하던 중 부주의로 착화 발화된 사고                                    |
| 09.02.03 | 경기<br>시흥 | 창고용으로 임대하여 사용중인 곳에서 유사휘발유를 제조하는 도중 유증기에 의해 발화 연소확대 된 사고                                                                         |
| 09.03.08 | 경기<br>시흥 | 유사휘발유를 판매하는 점포에서 시청단속반에 단속을 받던중 단속에 항의하기 위해 바닥에 유사휘발유를 뿌려 유증기가 인근 연탄 난로에 순간적으로 폭발하여 발화되어 건물 내부로 연소확대된 사고                        |
| 09.05.04 | 대전<br>유성 | 봉고차량에서 발생한 화재로서 유사휘발유 저장·취급자가 유사휘발유를 옮기는 작업중 펌프에서 발생한 스파크(또는 미상의 점화원)에 의하여 유증기에 착화 발화된 화재로 봉고차량이 전소되고 인근에 있던 차량1대에 연소확대가 진행된 사고 |
| 10.05.22 | 경기<br>수원 | OO페인트에서 작업자의 화기취급 부주의로 인하여 체류중인 유증기에 착화·발화되어 시너용기에 연소 확대된 사고                                                                    |
| 10.12.05 | 대구<br>달서 | 유사휘발유 판매업소에서 신너혼합하는 과정에서 유증기가 발생하여, 혼합기모터의 스파크에 의해 착화되어, 발화한 사고                                                                 |

## 1. 유사휘발유 제조 중 화재사고

일시: 2004년 6월 6일 06시 32분

장소: 충남 소재 (구)○○기업 건물

인명피해: 사망 2명, 부상1명



공장내부에 유사휘발유 저장탱크 3기를 설치하고 용제와 톨루엔을 6:4의 비율로 혼합하여 제조한 유사휘발유를 분배용기를 거쳐 18L 금속캔에 소분 작업을 하던 중 화재가 발생한 사고이다. 화재의 원인은 탱크로리로부터 저장탱크로 인화성물질을 이송 중 화기사용으로 유사휘발유에 접촉하여 점화가 이루어져 화재·폭발하였을 가능성이 있다. 또한 이송배관 및 용기마찰로 축적된 정전기의 스파크가 유증기에 접촉하여 화재가 발생하였을 가능성과 저장탱크부터 소분기로 유사휘발유를 이송하는 과정 중 포장용 모터 펌프에서 발생한 스파크가 바닥에 누출되어 있는 유사휘발유의 유증기에 접촉하여 점화가 이루어져 화재·폭발하였을 가능성이 있다.



Fig 2.1 유사휘발유 제조 중 사고 발생 현장<sup>[4]</sup>



Fig 2.2 유사휘발유 제조 중 사고 발생 현장(저장탱크)<sup>[4]</sup>

## 2. 유사휘발유 보관 중 유증기에 의한 사고

일시: 2011년 9월 28일 17시 28분

장소: 경기 수원시 A주유소

인명피해: 사망4명 부상3명

주유소 세차장 지하에 허가받은 유류탱크 6기와 허가받지 않은 2기의 유사휘발유 탱크(각 5만ℓ)를 설치하고 단속을 피하기 위해 유증기 배출구를 설치하지 않아 새어나온 유증기에 의해 발화하여 폭발한 사고이다.



Fig 2.3 유사휘발유 보관 중 주유소 사고 현장<sup>[5]</sup>



Fig 2.4 유사휘발유 보관 중 주유소 사고 현장(후면)<sup>[5]</sup>



## 제 2 절 유사휘발유 운반시 사고

유사휘발유 운반시 사고는 7건이 발생하였다. 유사휘발유를 적재한 채 운반하는 과정에서 차량전복 등의 사고발생시 발생하는 마찰스파크나 화재 등으로 차량 내 적재된 유사휘발유에 의한 화재 및 폭발사고 등 2차 재해 발생위험이 크다. 불법적으로 유사휘발유가 유통되기 때문에 사고 후에 사고처리를 하지 않은 채 도주하는 경우가 많기 때문에 화재 발생 시 초기진화가 어려워진다.

Table 2.2 운반시 사고사례<sup>[3]</sup>

| 일시       | 장소     | 사고내용                                                                                                                         |
|----------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 06.01.31 | 경기 구리  | 유사휘발유 320여통(18ℓ 철재용기)을 운반하는 과정에서 브레이크 라이닝 과열로 인해 구리시 소재 도로상에서 화재가 발생한 사고                                                     |
| 07.05.26 | 울산 북구  | 유사휘발유 5통을 적재함에 싣고 운행 중이던 차량 적재함에서 유사휘발유가 누유되어 적재함 바닥 부분에 유증기가 채류된 상태에서 차량이 과속방지턱을 넘을 때 발생한 마찰스파크에 의해 착화된 것으로 추정되는 화재가 발생한 사고 |
| 08.01.18 | -      | 유사휘발유를 싣고 운행 중이던 승합차 내부에서 발화되어 강력한 화염과 연기가 분출하면서 연쇄적으로 옮겨 붙어 인근에 주차된 차량 및 공장건물로 연소 확대된 사고                                    |
| 08.01.25 | -      | 유사휘발유 약 5,000ℓ (3,000ℓ 1기, 1,000ℓ 2기)를 적재중인 차량이 구리시 토평IC로(하남에서 구리방향) 진입중 램프에서 차량이 전도되어 탱크 1기가 파손 약 2,000ℓ의 유사휘발유가 유출된 사고     |
| 09.01.09 | 경남 마산  | 교통사고로 트럭이 전복되고 트럭에 싣고 있던 신나통(18L) 100여개가 도로에 떨어지면서 30여개의 유류통과 유출된 유류(유사 휘발유)에 착화되고 도로에 있는 택시와 승용차로 연소된 사고                    |
| 09.04.03 | 대전 유성  | 도로상에서 유사휘발유를 적재 중이던 화물트럭 차량이 전복되어 FRP재질의 유류탱크가 도로상에 떨어져 파손되고 탱크에 저장된 유사휘발유가 도로 및 인근 하천에 누출된 사고                               |
| 10.08.09 | 경기 남양주 | 도로상에서 유사석유제품(유사휘발유)을 적재한 차량이 전소된 사고                                                                                          |

## 1. 유사휘발유 운반 중 차량고장에 의한 사고

일시: 2006년 1월 31일 19시 09분

장소: 경기 구리시 소재 도로

인명피해: 없음

재산피해: 490천원

충청북도 음성군에서 서울까지 유사휘발유 320여통(18ℓ 철재용기)을 운반하는 과정 중 차량의 브레이크 라이닝 과열로 인하여 화재가 발생한 사고이다.



Fig 2.5 차량고장에 의한 유사휘발유 운반 중 화재<sup>[3]</sup>



Fig 2.6 차량고장에 의한 유사휘발유 운반 중 화재(내부)<sup>[3]</sup>

## 2. 유사휘발유 운반 중 유증기에 의한 사고

일시: 2007년 5월 26일 19시 09분

장소: 울산 북구

인명피해: 없음

재산피해: 1,700천원

차량에 유사휘발유 5통을 적재하고 운반하는 과정에서 유사휘발유가 누유되어 적재함 바닥 부분에 유증기가 체류된 상태에서 과속방지턱을 넘을 때 발생한 마찰스파크에 의해 착화된 것으로 추정되는 화재가 발생한 사고이다.



Fig 2.7 운반 중 유증기에 의한 유사휘발유 화재<sup>[3]</sup>



Fig 2.8 운반 중 유증기에 의한 유사휘발유 화재(내부)<sup>[3]</sup>

### 제 3 절 유사휘발유 사용(급유)시 사고

유사휘발유 사용(급유)시 사고는 6건이 발생하였다. 유사휘발유를 차량에 급유시 유증기에 대한 안전시설이 없고 안전수칙도 지켜지지 않기 때문에 화재나 폭발사고가 발생한다. 또한 유사휘발유를 사용시 정상휘발유보다 높은 증기압으로 인해 휘발성이 높아져 운행 중에 엔진이 정지하는 경우 사고로 이어질 위험성이 크다.

Table 2.3 사용(급유)시 사고사례<sup>[3]</sup>

| 일시       | 장소    | 사고내용                                                                                                                                |
|----------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 05.03.23 | 대구    | 간판제작 작업장 3개소에서 세입자가 본인소유의 차량에 신너를 주입하던 중 부주의로 옆에 있던 전기난로에 신나가 튀어 화재가 발생한 사고.                                                        |
| 06.01.23 | 대전 중구 | 승용차량으로 유사휘발유를 신고 다니며 판매하던 중 원룸 주차장에서 다른 차량에 유사휘발유를 주입 후 담뱃불 취급부주의로 화재가 발생하여 불이 붙은 채로 화재가 발생한 승용차량을 현장에서 이동하려다 불길이 심해지자 골목길에서 도주한 사고 |
| 06.02.05 | 대전 서구 | 차량 배터리가 방전되어 점프전선을 연결하여 시동을 걸던 중 체류된 유사휘발유 유증기에 배터리 전기불꽃이 착화된 사고                                                                    |
| 08.03.02 | 광주 북구 | 일반취급소에서 갑자기 폭발음과 함께 연기가 발생한 사고로 주차된 휘발유 차량에서 옥내탱크로 유사휘발유를 주입하던 중 유증기가 모터스파크에 의해 폭발, 화재가 발생한 사고                                      |
| 09.06.12 | 경기 수원 | 주차장에 주차해 놓은 차량의 유사석유 제품을 취급하는 도중 부주의로 인하여 유증기에 착화되어 발화된 사고                                                                          |
| 10.01.29 | 거창    | 상가 건물 1층에서 유류(시너) 취급 중 체류된 유증기를 인지 못하고 조명등 스파크에 의해 발화된 화재 사고                                                                        |

#### 1. 유사휘발유 급유 중 유증기에 의한 사고

일시: 2006년 1월 23일 14시 41분

장소: 대전광역시 중구

인명피해: 없음

재산피해: 동산400천원



차량으로 유사휘발유를 운반하고 판매하던 중 다른 차량에 유사휘발유를 급유하던 중 담뱃불 취급부주의로 화재가 발생한 사고이다. 유사휘발유 급유 시 발생한 유증기에 의해 착화한 것으로 나타났으며 화재가 발생한 차량을 현장에서 이동하려다 불길의 심해지자 도주한 것으로 나타났다.



Fig 2.9 유사휘발유 급유 중 유증기에 의한 사고<sup>[3]</sup>

## 2. 유사휘발유 급유 중 부주의에 의한 사고

일시: 2005년 3월 23일 20시 17분

장소: 대구광역시

인명피해: 없음

재산피해: 동산8,115천원

간판제작 작업장에서 차량에 유사휘발유를 주입하던 중 취급 부주의로 인하여 전기난로에 유사휘발유가 접촉하여 화재가 발생한 사고이다.



Fig 2.10 유사휘발유 급유 중 부주의에 의한 사고<sup>[3]</sup>



Fig 2.11 유사휘발유 급유 중 부주의에 의한 사고<sup>[3]</sup>

## 제 4 절 석유 가격 비교 및 유사휘발유의 유통량

### 1. 주요 국가들의 석유 가격 비교

국내의 2012년 4월 휘발유의 가격은 약 2290원으로 약 43%가 세금에 의한 것이다. 세금을 낮추어 유류가격에 대한 부담을 낮추자는 의견이 거론되고 있다. Table 2.4의 주요국가의 휘발유 가격을 비교해보면 23개국 중 국내의 휘발유의 가격은 15위로 가격이 비싸다고만 할 수 없다. 또한 주요국가 중 5개 국가를 제외하고는 국내보다 고율의 세금을 부과하고 있다.

그러나 휘발유 가격을 1인당 GDP로 조정한 구매력 평가에 기반하여 (PPP: Purchasing Power Parity) 비교 분석한 결과를 보면 Table 2.5에서와 같이 국내의 휘발유의 가격은 미국의 2.1배, 영국의 1.9배, 유럽의 2배 그리고 일본의 1.14배가 되는 것으로 나타났다. Table 2.6의 휘발유에 부과된 세금을 구매력 평가에 기반하여 분석한 결과 국내의 세금은 미국의 6.76배, 영국의 1.49배, 유럽의 1.76배 그리고 일본의 1.33배가 되는 것으로 나타났다.<sup>[16]</sup>

Table 2.4 구매력 평가에 따른 휘발유 가격비교 (2012.4)<sup>[6]</sup>

| 국가            | PPP<br>(각국의 통화) | adjusted valuation<br>per dollar(%) | PPP 적용 리터<br>당 가격(US \$) |
|---------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------|
| United States | 1               | 1                                   | 1.067                    |
| Britain       | 1.69            | 1.09                                | 1.187905                 |
| Euro area     | 1.2             | 0.94                                | 1.140059                 |
| Japan         | 76.24           | 1.01                                | 1.967565                 |
| South Korea   | 882             | 1.24                                | 2.247124                 |

Table 2.5 구매력 평가에 따른 휘발유 세금비교 (2012.4)<sup>[6]</sup>

| 국가            | 리터 당<br>세금(US \$) | adjusted valuation<br>per dollar(%) | PPP 적용 리터<br>당 세금(US \$) |
|---------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| United States | 0.150449          | 1                                   | 0.150449                 |
| Britain       | 0.625856          | 1.09                                | 0.682183                 |
| Euro area     | 0.614229          | 0.94                                | 0.577375                 |
| Japan         | 0.757787          | 1.01                                | 0.765365                 |
| South Korea   | 0.820185          | 1.24                                | 1.017029                 |

Table 2.6 주요국가의 휘발유 가격비교 (2012.4)<sup>[7]</sup>

| 국가    | 공장도 가격 | 세금   | 합계   |
|-------|--------|------|------|
| 미국    | 1039   | 171  | 1210 |
| 캐나다   | 1166   | 469  | 1635 |
| 폴란드   | 1099   | 976  | 2075 |
| 룩셈부르크 | 1209   | 969  | 2178 |
| 스페인   | 1216   | 1006 | 2222 |
| 헝가리   | 1148   | 1087 | 2235 |
| 체코    | 1109   | 1144 | 2253 |
| 오스트리아 | 1106   | 1156 | 2262 |
| 한국    | 1300   | 990  | 2290 |
| 슬로바키아 | 1100   | 1235 | 2335 |
| 일본    | 1488   | 867  | 2355 |
| 아일랜드  | 1027   | 1345 | 2372 |
| 프랑스   | 1157   | 1313 | 2470 |
| 영국    | 1090   | 1472 | 2562 |
| 핀란드   | 1159   | 1404 | 2563 |
| 포르투갈  | 1220   | 1346 | 2566 |
| 독일    | 1188   | 1381 | 2569 |
| 벨기에   | 1221   | 1357 | 2578 |
| 스웨덴   | 1130   | 1462 | 2592 |
| 덴마크   | 1243   | 1389 | 2632 |
| 네덜란드  | 1173   | 1522 | 2695 |
| 이탈리아  | 1230   | 1522 | 2752 |
| 그리스   | 1230   | 1533 | 2763 |

## 2. 유사휘발유의 유통량

유사휘발유는 제조방법이 다양하고 불법적으로 유통되고 있기 때문에 그 유통량을 추정하기가 어렵다. 2009년 한국석유관리원의 유사석유 탈루세액 추정규모를 이용하여 유사휘발유의 유통량을 추정하고 있다.<sup>[8]</sup> Table 2.7에서 유사휘발유 추정량을 나타내었다.

Table 2.7 유사휘발유 유통 추정량<sup>[9]</sup>

|      | 세금탈루액(억원) | 유사휘발유 추정량(kℓ) |
|------|-----------|---------------|
| 2003 | 5,685     | 878,155       |
| 2004 | 7,472     | 1,094,566     |
| 2005 | 8,228     | 1,148,961     |
| 2006 | 8,857     | 1,186,923     |
| 2006 | 6,958     | 9,12,004      |
| 2008 | 4,757     | 562,247       |
| 2009 | 5,312     | 663,701       |

2009년 유사휘발유 유통량은 663,701kℓ로 이에 따른 세금탈루액은 5,312억원 정도로 전체 휘발유 소비량 중 7%에 해당하는 정도이다.

자동차용 휘발유는 부가세, 주행세, 교육세, 교통세의 세금을 부과하고 있다. 유사휘발유의 경우 원료에 대한 부가세만을 부과하고 있는 실정이다. 이러한 세금 차액의 부당이득을 얻고자 하는 제조업자와 정상휘발유 가격에 부담을 느끼는 소비자의 이해관계가 맞아 유사휘발유의 제조와 유통 및 사용이 지속되고 있다.

## 제 3 장 차량 및 환경에 미치는 영향

### 제 1 절 정상 휘발유의 성분 및 특성

자동차용 정상휘발유는 비중이 0.63~0.76이고 비등점 범위가 30~200℃ 정도의 휘발성이 있는 액체 상태의 석유유분이다. 성분적으로 파라핀계( $C_nH_{2n+2}$ ), 나프텐계( $C_nH_{2n}$ ), 올레핀계( $C_nH_{2n}$ ), 방향족계( $C_nH_{2n-6}$ )탄화수소로 구성되며  $C_4 \sim C_{12}$  정도까지의 탄화수소 혼합물이다.

자동차용 정상휘발유는 Table 3.1과 같이 정유사들은 직류가솔린, 개질가솔린, 분해가솔린 등을 기재로 하여 노킹방지제(Antiknocking Agents), 산화방지제(Antioxidants), 금속불활성제(Metal Deactivators), 청정분산제(Detergents)등 각종 첨가제들을 첨가하여 제조하고 있다. 첨가제를 사용함으로써 옥탄값을 향상시키고 비휘발성 검(Gum)질 생성을 억제하고 퇴적물의 생성을 방지한다.

Table 3.1 자동차용 휘발유의 조성<sup>[10]</sup>

| 종류        | 옥탄값     | 조성(부피%) |       |       | 조제 비율(%)<br>[A사] |
|-----------|---------|---------|-------|-------|------------------|
|           |         | 포화      | 올레핀   | 방향족   |                  |
| 직류가솔린     | 65-70   | 98      | 0     | 2     | 25-30            |
| 접촉개질가솔린   | 90-97   | 42-55   | 0     | 45-58 | 5-10             |
| 분해가솔린     | 92-93   | 25-40   | 40-50 | 20-25 | 40-50            |
| 수소화분해가솔린  | 80      | 98-100  | 0     | 2     | -                |
| 알킬레이트     | 94-96   | 98-100  | 0     | 2     | 3-5              |
| 이성화가솔린    | 80-89   | 100     | 0     | 0     | -                |
| 부탄        | 90-94   | 100     | 0     | 0     | 1-5              |
| Heavy Aro | 120-125 | 0       | 0     | 100   | 3-6              |
| MTBE      | 118     | 0       | 0     | 0     | 7-9              |

자동차용 휘발유의 품질은 성능과 환경측면에서 고려된다. 엔진에 영향을 미치는 성분은 옥탄값과 증류성상, 증기압 등이 있으며 환경에 영향을 미치는 성분은 황분과 납함량, 방향족화합물의 함량 등이 있다. 휘발유는 성분과 성상에 따라 차량의 성능과 환경에 영향을 주기 때문에 지식경제부에서는 「석유제품의 품질기준과 검사방법 및 검사수수료에 관한 고시」를 통해 자동차용 휘발유의 품질기준을 Table 3.2와 같이 규정하고 있다.

Table 3.2 자동차용 정상휘발유의 품질기준<sup>[11]</sup>

| <div> <div>등급</div> <div>항목</div> </div> |             | 1호<br>(보통휘발유)                           | 2호<br>(고급휘발유) |
|------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------|---------------|
| 옥탄값 (리서어치법)                              |             | 91 이상~94 미만                             | 94 이상         |
| 증류성상                                     | 10%유출온도 (℃) | 70 이하                                   |               |
|                                          | 50%유출온도 (℃) | 125 이하                                  |               |
|                                          | 90%유출온도 (℃) | 170 이하                                  |               |
|                                          | 종말점 (℃)     | 225 이하                                  |               |
|                                          | 잔류량 (부피%)   | 2.0 이하                                  |               |
| 물과 침전물 (부피%)                             |             | 0.01 이하                                 |               |
| 동판부식 (50℃, 3h)                           |             | 1 이하                                    |               |
| 증기압 (37.8℃, kPa)                         |             | 44~82<br>{여름용:44~65 (44~60), 겨울용:44~96} |               |
| 산화안정도 (분)                                |             | 480 이상                                  |               |
| 세척현존검 (mg/100mL)                         |             | 5 이하                                    |               |
| 황분 (mg/kg)                               |             | 10 이하                                   |               |
| 색 (육안식별)                                 |             | 노란색                                     | 초록색           |
| 납 함량 (g/L)                               |             | 0.013 이하                                |               |
| 인 함량 (g/L)                               |             | 0.0013 이하                               |               |
| 방향족화합물 함량 (부피%)                          |             | 24(21) 이하                               |               |
| 벤젠 함량 (부피%)                              |             | 0.7 이하                                  |               |
| 올레핀 함량 (부피%)                             |             | 16(19) 이하                               |               |
| 산소 함량 (무게%)                              |             | 2.3 이하                                  |               |
| 메탄올 함량 (무게%)                             |             | 0.1 이하                                  |               |



자동차용 휘발유에 요구되는 특성은 다음과 같다.<sup>[10]</sup>

- (1) 충분한 안티노크성을 가져야 한다.
- (2) 휘발성이 양호하여 시동이 용이해야 한다.
- (3) 휘발성이 증기폐쇄(Vapor lock)를 일으킬 정도로 높지 않아야 한다.
- (4) 충분한 출력의 가속성을 가져야 한다.
- (5) 연비 및 저장 안정성이 높아야 한다.
- (6) 실린더 내에서 연소하기 어려운 불휘발성 유분이 없어야 한다.
- (7) 발암성 및 대기오염을 유발시키는 물질이 적어야 한다.

자동차용 휘발유에 요구되는 특성을 살펴보면 옥탄값과 증기압, 증류성상은 연료로서 자동차의 성능을 좌우하는 중요한 성분으로 판단된다.

## 1. 옥탄값

옥탄값은 엔진의 노크현상에 대한 저항능력을 나타내는 기준으로 자동차용 휘발유에는 안티노크성이 요구된다. 안티노크성은 일반적으로 옥탄값에 의해 평가된다. 옥탄값이 높을수록 노크에 대한 저항력이 크다고 할 수 있다. 안티노크성이 높은 이소옥탄(2,2,4- Trimethyl pentane, 옥탄값: 100)과 낮은 헵탄(n-Heptane, 옥탄값: 0)을 혼합한 표준연료와 비교하여 시료와 동일한 안티노크성을 나타내는 표준연료 중 이소옥탄의 부피 백분율로 시료의 옥탄값을 나타낸다.

가솔린엔진의 정상적인 연소는 점화플러그로부터 발생하는 불꽃에 의해 혼합기에 점화되고 점화된 화염면이 전파되면서 이루어진다. 노크현상은 화염면이 도달하기 전에 혼합기가 부분적으로 자기 착화하여 급격히 연소하는 현상이다. 이러한 비정상적인 연소에 의해 발생하는 압력 상승에 의해 충격적인 타격음을 발생시키며 엔진베어링과 피스톤 및 점화플러그의 손상이 발생한다.<sup>[12]</sup> 따라서 자동차용 휘발유는 Table 2.2와 같이 91이상의 옥탄값을 규정하고 있다.

## 2. 증기압

자동차용 휘발유의 증기압은 리드증기압(Reid Vapor Pressure)시험법으로 측정한다. 리드증기압은 기체 상태의 연료의 양과 액체 상태의 연료 양의 비가 4:1로 37.8℃ 대기압 상태에서 측정된다.

증기압은 연료의 휘발성을 나타내는 척도로 차량의 시동성, 엔진온도 상승(Warm up), 주행성 등 운전성(Drive ability)을 결정하는 요소이다. 엔진에서의 연소는 액체상태의 휘발유가 아닌 기체상태로 연소된다. 따라서 휘발유는 적당한 증기압을 가져 연소되기 전에 증발되어야 한다.<sup>[13]</sup>

휘발유의 증기압이 높을 경우 증발가스의 발생량이 증가하고 연료펌프와 공급라인 등에서 기포를 발생시켜 연료공급에 이상을 일으키는 증기폐쇄(Vapor Lock)현상이 발생하여 출력저하와 불균일한 엔진작동을 유발하고 심하면 엔진이 정지한다. 증기압이 낮을 경우 시동성이 저하되고 엔진에 유입되는 연료의 양을 증가시켜 연료를 농후하게 공급하여 연비를 저하시킬 수 있다.<sup>[14]</sup>

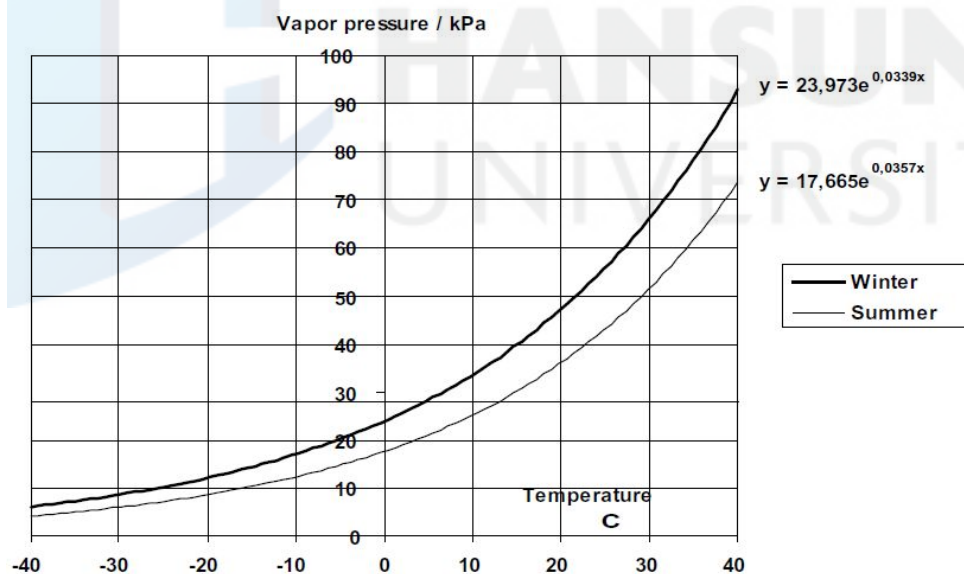


Fig 3.1 온도에 따른 휘발유의 증기압<sup>[15]</sup>

증기압은 Fig 3.1과 같이 온도가 증가함에 따라 증가한다. 따라서 휘발유의 증기압은 Table 3.2와 같이 하절기와 동절기 기간에는 다른 증기압 규정을 갖는다.

### 3. 증류성상

휘발유는 수백가지의 탄화수소 혼합물로 단일물질이나 순수물질과는 다르게 끓는점 및 증류점이 다르게 나타난다. 따라서 휘발유의 증류성상은 증류되어 응축된 휘발유의 용량을 퍼센트별로 구별하여 나타낸다.<sup>[9]</sup> 초류점(Initial boiling point), 10% 증류점, 50% 증류점, 90% 증류점, 종말점(Final boiling point)로 나타내며 구성비율을 규제함으로써 휘발유성상을 항상 일정수준 이상으로 유지시킨다. 증류성상은 계절별 증기압의 차이에 따라 달라지며 계절별 휘발유의 증류성상은 다음과 같다.

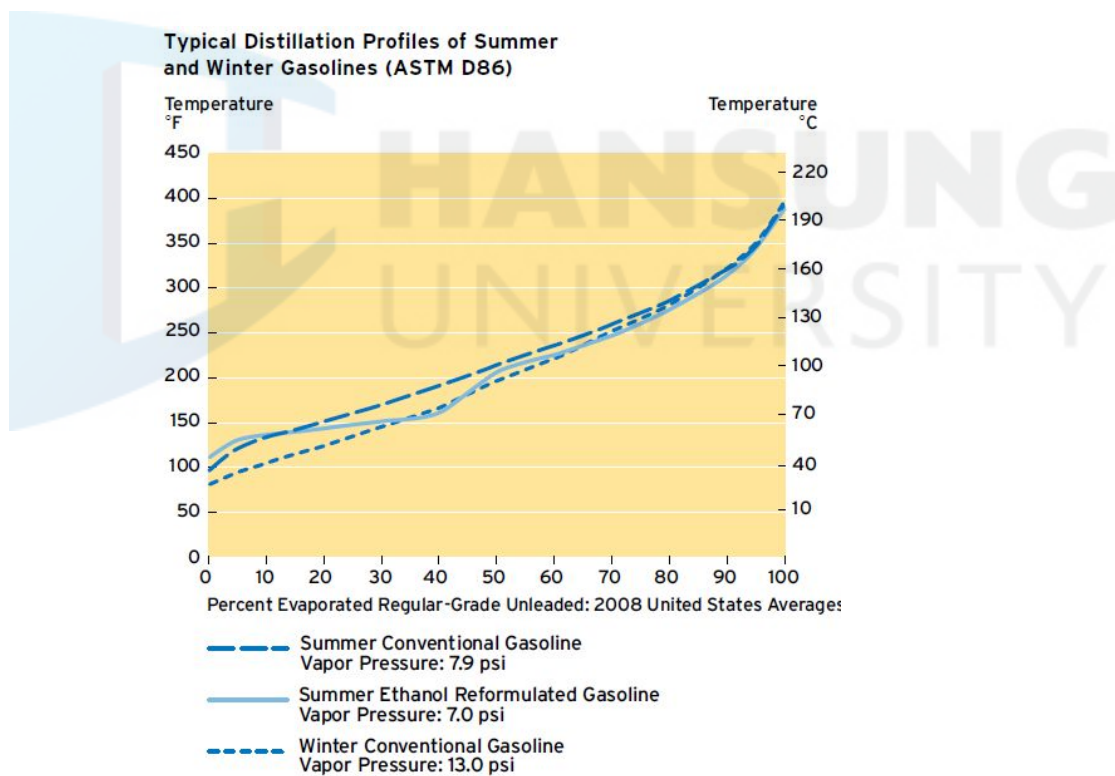


Fig 3.2 휘발유의 증류성상 (2008 US)<sup>[13]</sup>

10% 유출온도는 저온시동성과 증기폐쇄와 관련이 있으며 유출온도가 높아지면 시동성이 떨어지고 점화플러그에 퇴적문제가 발생하며 낮아지면 증기폐쇄(Vapor Lock)현상이 발생한다. 50% 유출온도가 높아지면 기화 연료량이 너무 적어 출력이 떨어지고 점화 불량과 노크현상이 일어나고 낮아지면 혼합기체가 농후해져 연료의 불완전연소를 초래할 뿐 아니라 연료소모량도 많아진다. 90% 유출온도가 높아지면 기화불량, 연소불량을 일으켜 연소실에 침적물이 쌓이거나 피스톤에 카본퇴적의 원인이 된다.<sup>[16,17]</sup>

## 제 2 절 유사 휘발유의 성분 및 특성

유사석유제품은 「석유 및 석유대체연료 사업법」 제 2조에서 규정하고 있으며 다음과 같은 네가지 방법으로 구분된다.<sup>[18]</sup>

- (1) 석유제품에 다른 석유제품을 혼합하는 방법
- (2) 석유제품에 석유화학제품을 혼합하는 방법
- (3) 석유화학제품에 다른 석유화학제품을 혼합하는 방법
- (4) 석유제품이나 석유화학제품에 탄소와 수소가 들어 있는 물질을 혼합하는 방법

자동차의 유사휘발유의 제조 유형은 시기에 따라서 Table 3.3과 같이 구분된다. 1980년대에는 휘발유와 비슷한 성상을 가지는 용제에 BTX (Benzene Toluene Xylene)나 알코올 등의 석유화학제품을 혼합하여 제조하였다.

최근의 유사휘발유는 정상휘발유의 혼합 유무에 따라 두 가지로 나뉜다. 하나는 최근 주유소의 화재사고나 폭발사고처럼 석유사업자가 주유소에 정상휘발유와 용제탱크를 따로 설치하여 소비자를 속여 급유하기 전에 공급자가 리모컨 등을 통하여 정상휘발유와 용제를 혼합하여 판매하는 방식이다. 다른 하나는 비석유사업자가 소비자와 이해관계가 맞아 무허가시설에서 석유제품에 석유화학제품을 혼합하고 철제 용기나 플라스틱 용기에

소분하여 판매하고 소비자들이 이를 구매하여 사용하는 형태가 있다. 이와 같은 방식에서는 용제, 톨루엔, 메탄올을 원료로 하여 단순히 혼합한 후 소분하여 판매하는 원캔타입과 페인트희석제로 쓰이는 에나멜시너(용제1호)와 소부시너(톨루엔+메탄올)를 각각 판매하여 혼합하여 사용하는 투캔타입의 형태가 있다.

Table 3.3 유사휘발유의 제조 유형<sup>[19]</sup>

| 시기          | 유사휘발유 유형                                             |
|-------------|------------------------------------------------------|
| 1984년 이전    | 용제 + BTX*<br>용제 + 방향족계 용제<br>용제 + 알코올류               |
| 1985년 이후    | 정상휘발유 + 다른 석유제품(등유, 경유, 용제)<br>정상휘발유 + 용제 + BTX (다량) |
| 1990년 중반 이후 | 정상휘발유 + 용제 + BTX (소량) + 석유화학제품(아닐린, 아세톤)             |
| 1997년 이후    | 정상휘발유 + 용제 + BTX + MTBE*<br>페인트 희석제 혼합               |
| 2001년 이후    | 용제 + 톨루엔 + 방향족계<br>용제(특수용제) + 알코올류                   |
| 2004년 이후    | 용제 + 톨루엔 + 메탄올                                       |

\* BTX: Benzene Toluene Xylene

MTBE: Methyl Tertialry Butyl Ether

2006년부터 2008년까지의 석유사업자의 유사휘발유 제조유형은 Table 3.4와 같다. 유사휘발유를 판매하는 주유소의 경우 약 93%가 정상휘발유에 용제를 혼합하는 것으로 나타났다. Table 3.5와 같이 비석유사업자의 경우 약 93%가 용제, 톨루엔과 메탄올을 혼합하는 것으로 나타났다.

Table 3.4 석유사업자의 유사휘발유 유형<sup>[20]</sup>

| 구분     | 등유분<br>혼합 | 용제류<br>혼합 | 휘발유분<br>혼합 | 경유유분<br>혼합 | 합계  |
|--------|-----------|-----------|------------|------------|-----|
| 2006년  | 3         | 127       | -          | 2          | 132 |
| 2007년  | 1         | 132       | -          | 5          | 138 |
| 2008년  | 4         | 79        | 2          | 10         | 95  |
| 합계     | 8         | 338       | 2          | 17         | 365 |
| 점유율(%) | 2.1       | 92.9      | 0.5        | 4.5        | 100 |

Table 3.5 비석유사업자의 유사휘발유 유형<sup>[20]</sup>

| 유사휘발유 원료 혼합비(%) |          |       | 단속<br>건수 | 점유율(%) |
|-----------------|----------|-------|----------|--------|
| 용제류             | 방향족 탄화수소 | 알콜류   |          |        |
| 50              | 20~30    | 20~30 | 642      | 70     |
| 40~50           | 50~60    | -     | 63       | 7      |
| 10~70           | 15~65    | 10~70 | 215      | 23     |
| -               |          |       | 920      | 100    |

## 1. 용제

공업용 휘발유인 용제는 1호~10호의 10종류가 있으며 세척, 용해, 희석, 추출 등의 용도로 사용된다. 품질기준은 증류성상의 온도에 따라 분류되며 Table 3.6과 같다.

유사휘발유의 원료로 사용되는 용제 1호(석유계 용제)는 접착제, 도료희석제, 이형제, 정밀기계세척제 등의 용도로 사용된다. 성분적으로 C<sub>5</sub>~C<sub>9</sub> 정도까지의 탄화수소 혼합물이며 파라핀계 75%, 나프텐계 20%, 방향족계 5%로 구성된다. 용제의 품질기준에는 증기압에 따른 규정이 없기 때문에 정유사나 석유화학회사에서는 측정을 하고 있지 않는 실정이다. 한국석유관리원에 따르면 의뢰시험 분석 시 용제 1호의 증기압은 100kPa 이상이다.

Table 3.6 용제의 품질기준<sup>[11]</sup>

| 등 급<br>항 목                       |                 | 1호        | 2호        | 3호        | 4호        | 5호        | 6호        | 7호        | 8호                          | 9호        | 10호       |
|----------------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------|-----------|
| 인화점 (°C)                         |                 | -         | -         | 38<br>이상  | -         | -         | 10<br>이상  | 38<br>이상  | 38<br>이상                    | 50<br>이상  | 50<br>이상  |
| 증<br>류<br>성<br>상                 | 초류점 (°C)        | 30<br>이상  | 80<br>이상  | 150<br>이상 | 30<br>이상  | 30<br>이상  | 100<br>이상 | 140<br>이상 | 150<br>이상                   | 170<br>이상 | 170<br>이상 |
|                                  | 50%유출온도<br>(°C) | 100<br>이하 | 120<br>이하 | 180<br>이하 | 120<br>이하 | 180<br>이하 | 190<br>이하 | 260<br>이하 | 180<br>이하                   | 200<br>이하 | -         |
|                                  | 종말점 (°C)        | 150<br>이하 | 160<br>이하 | 210<br>이하 | 170<br>이하 | 210<br>이하 | 225<br>이하 | 300<br>이하 | 195<br>이하                   | 230<br>이하 | 380<br>이하 |
| 동관부식<br>(50°C, 3h)               |                 | 1<br>이하   | 1<br>이하   | 1<br>이하   | 1<br>이하   | 1<br>이하   | 1<br>이하   | 1<br>이하   | 1<br>이하                     | 1<br>이하   | 1<br>이하   |
| 아닐린점 (°C)                        |                 | 45<br>이상  | 45<br>이상  | 45<br>이상  | 40<br>이상  | 40<br>이상  | 40<br>이상  | 45<br>이상  | 16<br>이하                    | 18<br>이하  | -         |
| 밀도<br>@15°C (kg/m <sup>3</sup> ) |                 | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | 860<br>이상<br>~<br>880<br>이하 | 881<br>이상 | -         |

## 2. 톨루엔

톨루엔(Toluene)은  $C_6H_5CH_3$ 의 방향족 탄화수소로 벤젠의 수소 하나가 메틸기로 치환된 구조를 가진 가연성 액체이다. 벤젠 생산과 페인트, 코팅제, 접착제, 잉크 청소용제 등에 사용된다. 톨루엔의 물성은 Table 3.7과 같다. 옥탄값이 120으로 높기 때문에 자동차용 휘발유의 옥탄가를 높이기 위하여 첨가하는 BTX(Benzene, Toluene, Xylene) 혼합물을 만드는데 사용된다. 톨루엔의 온도에 따른 증기압은 Fig 3.3과 같다. 리드증기압은 7.1kPa (37.8°C)로 정상휘발유의 증기압인 44~82kPa보다 낮다.



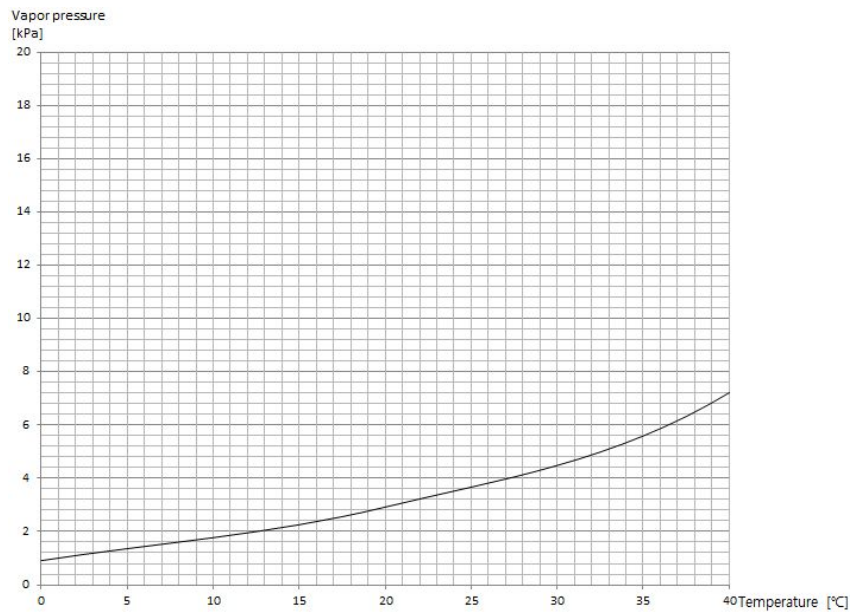


Fig 3.3 온도에 따른 톨루엔의 증기압

Table 3.7 톨루엔의 물성

| Properties                      |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| Molecular Wt. (WT)              | 92.1402 g/mol       |
| Density                         | 0.8669 g/ml (20 °C) |
| Normal Boiling Point Temp. (TB) | 110.63 °C           |
| Freezing Point Temp. (TF)       | -94.99 °C           |
| Octane Number                   | 120                 |
| Reid Vapor Pressure             | 7.1 kPa             |

### 3. 메탄올

메탄올은  $\text{CH}_3\text{OH}$ 의 간단한 구조의 알코올이며 물의 수소원자 하나를 메틸기( $-\text{CH}_3$ )로서 치환한 구조로 무색, 중성, 극성 및 인화성 액체이다. 유기합성재료, 용제, 세척제, 연료, 에탄올의 변성용으로 사용된다. 메탄올의 물성은 Table 3.8과 같다. 옥탄값이 106으로 높기 때문에 자동차용 휘발유의 옥탄가를 높이기 위하여 첨가하는 MTBE(Methyl Tertialry Butyl

Ether) 혼합물을 만드는데 사용된다. 메탄올의 온도에 따른 증기압은 Fig 3.4와 같다. 리드증기압은 32kPa (37.8℃)로 정상휘발유보다 낮다.

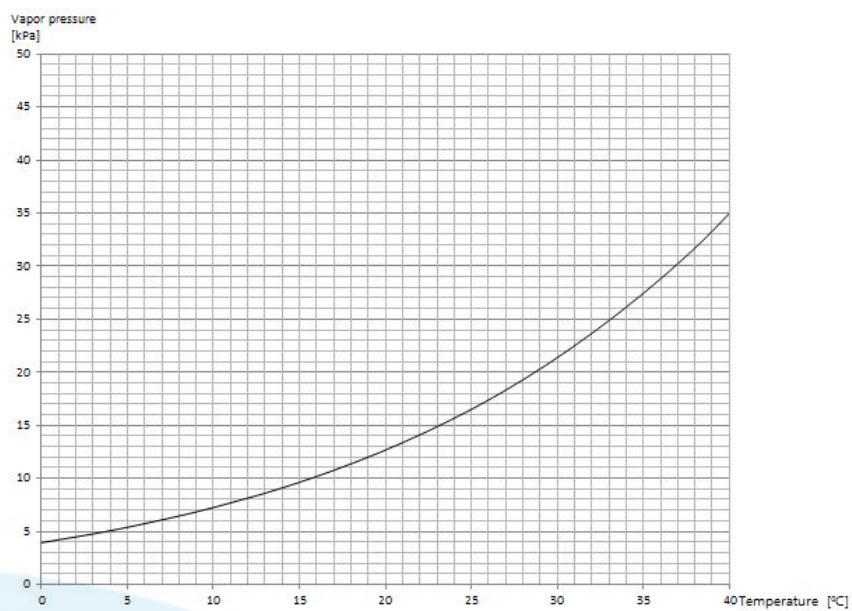


Fig 3.4 온도에 따른 메탄올의 증기압

Table 3.8 메탄올의 물성

| Properties                      |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| Molecular Wt. (WT)              | 32.0420 g/mol       |
| Density                         | 0.7917 g/ml (20 °C) |
| Normal Boiling Point Temp. (TB) | 64.55 °C            |
| Octane Number                   | 106                 |
| Reid Vapor Pressure             | 32 kPa              |

### 제 3 절 차량의 엔진과 환경에 미치는 영향

유사휘발유는 성분과 혼합비율에 따라 물성 측정 결과가 달라진다. 대표적인 유사휘발유의 형태는 Table 3.9와 같다.

Table 3.9 정상휘발유와 유사휘발유의 물성 측정 결과<sup>[14,20]</sup>

| 항목<br>등급                       |             | 품 질기준    | 정 상<br>휘 발 유 | 유 사<br>휘 발 유 I * | 유 사<br>휘 발 유 II * | 유 사<br>휘 발 유 III* |
|--------------------------------|-------------|----------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|
| 옥탄값 (리서어치법)                    |             | 91~94    | 91           | 66               | 100이상             | 93                |
| 증류<br>성상                       | 초류점 (℃)     | -        | 30           | 32               | 32                | 72                |
|                                | 10%유출온도 (℃) | 70이하     | 59           | 40               | 40                | 85                |
|                                | 50%유출온도 (℃) | 125이하    | 89           | 51               | 56                | 96                |
|                                | 90%유출온도 (℃) | 170이하    | 156          | 76               | 109               | 109               |
|                                | 종말점 (℃)     | 225이하    | 186          | 165              | 110               | 115               |
| 증기압 (37.8℃, kPa)               |             | 44~82    | 47           | 97               | 94                | 22                |
| Elemental<br>Analysis<br>(무게%) | Carbon      | -        | 83.9         | 83.8             | 70.1              | 88.4              |
|                                | Hydrogen    | -        | 14.1         | 16.0             | 12.7              | 11.6              |
|                                | Oxygen      | -        | 2.0          | 0.2              | 17.12             | 0                 |
| 성분분석<br>(부피%)                  | Paraffins   | -        | 52           | 89               | 38                | 19                |
|                                | Olefins     | 16(19)이하 | 12           | 1                | 0                 | 0                 |
|                                | Naphthene   | -        | 5            | 5                | 2                 | 30                |
|                                | Aromatics   | 24(21)이하 | 20           | 3.4              | 27                | 44                |
|                                | -Benzene    | 0.7이하    | 0.3          | 0.9              | 0.4               | 0                 |
|                                | -Toluene    | -        | 2.8          | 0.5              | 26.3              | 44                |
|                                | -Xylene     | -        | 2.8          | 0.5              | 0.1               | 0.1               |
|                                | -Others     | -        | 3.0          | 1.5              | -                 | 0.2               |
|                                | Methanol    | -        | -            | -                | 38                | -                 |

\* 유사휘발유 I : 정상휘발유(10%) + 용제류(90%)

유사휘발유 II : 용제류(50%) + 톨루엔(25%) + 메탄올(25%)

유사휘발유 III : 투켄타입 유사휘발유

유사휘발유는 공통적으로 자동차용 정상휘발유의 품질을 만족시키기 위하여 첨가된 청정성 첨가제를 사용하지 않았기 때문에 엔진 내부에 퇴적물이 증가한다. 이에 따라 차량의 인젝터가 막히는 현상과 공연비의 불균형을 일으키고 배기가스가 악화시키며 출력 및 연비손실을 초래한다.<sup>[20]</sup>

## 1. 유사휘발유 I

정상휘발유에 용제를 혼합하여 사용하는 유사휘발유는 옥탄값과 증기압이 품질기준에 적합하지 않다. 옥탄값이 낮아지면 엔진에 노크현상을 발생시키기 때문에 진동과 소음이 발생하고 출력을 저하시키며 엔진베어링과 피스톤 및 집화플러그의 손상이 발생한다.

증기압이 높아 연료펌프와 공급라인 등에서 기포를 발생시켜 연료공급에 이상을 일으키는 증기폐쇄(vapor lock)현상이 발생하여 출력저하와 불균일한 엔진작동을 유발하고 심하면 엔진이 정지한다. 또한 증발가스 발생량이 증가한다.

## 2. 유사휘발유 II

용제와 톨루엔, 메탄올을 혼합하여 제조된 유사휘발유는 증기압, 방향족 탄화수소와 메탄올의 함량이 품질기준에 적합하지 않다. 메탄올은 엔진계통의 금속재질의 부식과 고무부품의 팽윤 및 열화를 발생시킨다. 엔진에서 연소하면서 수분이 발생하여 엔진오일의 윤활성능이 저하된다. 메탄올은 휘발유 성분과 혼합되면 공비혼합물(Azeotrope)를 형성하여 증발 시 부탄, 펜탄 등의 경질 유분의 배합 제약이 발생하고 일정비율의 탄화수소와 함께 증발된다. 이에 따라 메탄올의 증기압은 낮지만 휘발유와 유사한 탄화수소 성분을 갖는 용제와 혼합 시 증기압이 높아진다. Fig 3.5는 증기압이 9psi인 휘발유에 3%이상의 메탄올을 혼합하는 경우 증기압이 12psi로 높아지는 것을 나타냈다.<sup>[21]</sup>

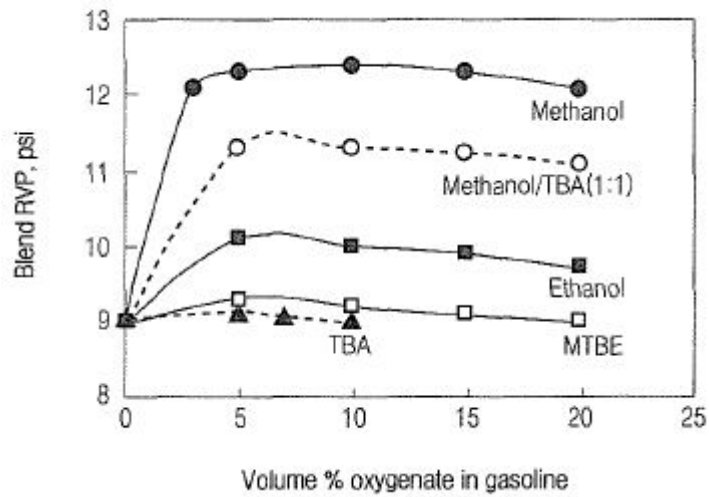


Fig 3.5 산소성분에 의한 휘발유 증기압 변화<sup>[14]</sup>

### 3. 유사휘발유Ⅲ

투칸 타입의 유사휘발유는 증기압이 낮아 차량의 시동성과 엔진 워밍업 성능이 저하되며 실린더 내에 연료를 농후하게 공급하여 불완전연소와 혼합기의 불균일로 인해 배출가스 규제물질인 THC(Total Hydrocarbon)와 CO(Carbon Monoxide)가 증가하게 된다.<sup>[7]</sup> 방향족 탄화수소의 부피비가 높아 연소과정에서 탄소원자간 이중결합이 완전히 깨지지 않아 미연소 탄화수소 배출량이 증가하게 된다.<sup>[20]</sup>

## 제 4 장 유사휘발유의 검출 방법

### 제 1 절 유사휘발유 검출 특허조사 및 분석

국내에 특허로 등록된 유사연료 판별장치는 약 9건 정도로 차량에 내장되어 운전자가 유사연료가 차량에 급유되었을 경우 확인할 수 있는 방법이 3건, 차량에 급유된 연료를 추출하여 검사할 수 있는 방법이 5건, 연료의 저장탱크 내에서 유사연료를 검출하는 방법 1건이 있다.

Table 4.1 국내 유사연료 검출 특허

| 분류                 | 발명의 명칭                                                                                | 출원인            |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 차량<br>내장형<br>검출방법  | 유사연료 판별장치 (10-0956457)                                                                | 이호근            |
|                    | 유사휘발유 판별장치 (10-1130907)                                                               | 한밭대학교<br>산학협력단 |
|                    | 차량장착용 휘발유 검사장치 (10-0879938)                                                           | 전북대학교<br>산학협력단 |
| 샘플링을<br>통한<br>검출방법 | 차량탑재형 연료검사장치 (10-0718697)                                                             | 한국석유품질관리원      |
|                    | 폴리다이아세틸렌 함유 폴리머 센서 섬유를 이용한 유사휘발유 검지 방법 및 유사휘발유 검지용 폴리다이아세틸렌 함유 폴리머 센서 섬유 (10-1199417) | 한양대학교<br>산학협력단 |
|                    | 연료유 검사장치 (20-0445853)                                                                 | (주) 휴마스        |
|                    | 유사연료 판별장치 및 시스템 (10-1040624)                                                          | 이호근            |
|                    | 유사휘발유 검사시약 및 이를 이용한 검사 방법 (10-0437710)                                                | (주) 휴마스        |
| 저장탱크<br>검출방법       | 유사휘발유 검출 장치 및 방법 (10-1197484)                                                         | 산들정보주식회사       |

특허를 분석해 본 결과 차량에 장착되는 경우는 차량에 설치가 간단해야 하며 소비자가 급유시 인식하지 못한 유사휘발유를 감지하여 계기판에 점등이나 경고음 등의 형태로 소비자가 인식할 수 있게 표시를 하여 주어야 된다고 판단된다. 또한 연료의 샘플링을 통하여 분석하는 경우는 기기의 조작이 복잡하지 않고 샘플링이나 테스트를 할 경우에 빠른 시간 안에 검출할 수 있어야 하며 가격이 비싸지 않아 소비자들이 구매하여 사용할 수 있어야 한다고 판단된다.

## 1. 차량내장형 검출 특허

### (1) 유사연료 판별장치(특허 제 10-0956457)

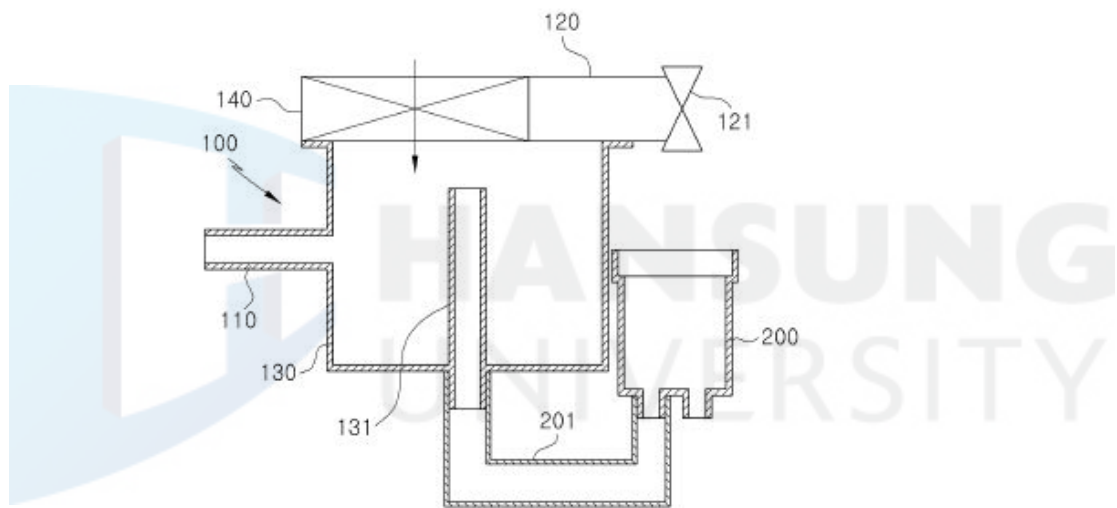


Fig 4.1 유사연료 판별장치<sup>[22]</sup>

휘발유를 포함하는 연료나 휘발성 물질은 증기압이 높아 대기 중으로 VOCs(Volatile Organic Compounds)를 배출한다. 이 특허는 차량의 연료 파이프 내에서 자연 증발하는 연료가스를 채취하여 VOCs농도를 측정한다. 제어장치에 저장되어 있는 정상연료의 농도와 측정된 농도를 비교하여



연료의 진위여부를 경고음 또는 점멸등을 통하여 인식할 수 있게 한다<sup>[22]</sup>.

VOCs 농도는 온도변화에 의해 변화하게 된다. 따라서 차량내부의 온도를 측정하여 온도에 따른 정확한 VOCs 농도를 측정하여 이를 토대로 측정된 농도와 정상연료의 농도를 비교하는 것이 바람직하다고 판단된다.

## (2) 유사휘발유 판별장치(특허 제 10-1130907)

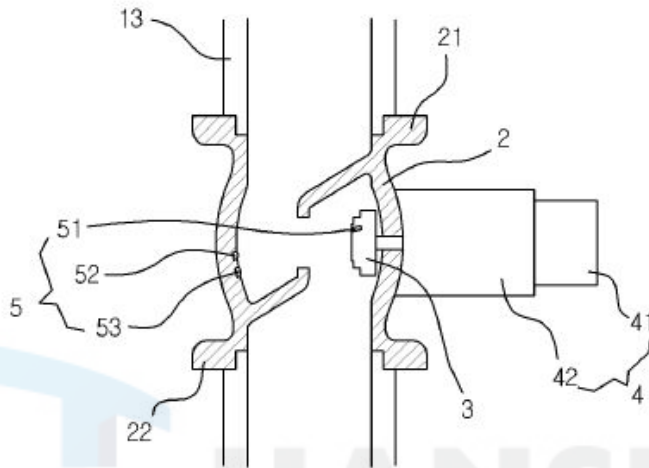


Fig 4.2 유사휘발유 판별장치<sup>[23]</sup>

광굴절율은 점성과 밀도와 같은 액체의 특성에 따라 다르다. 정상휘발유의 경우 정유사마다 첨가제의 비율이 다르지만 소량 함유되어 있어 일정한 광굴절율을 가진다. 유사휘발유는 용제와 톨루엔 메탄올이 혼합되어 있어 정상휘발유와 광굴절율이 다르다. 이러한 특성을 이용하여 유사휘발유를 판별한다. 또한 연료탱크로 유사휘발유가 급유되는 것을 감지함과 동시에 자동으로 차단할 수 있도록 측정된 광굴절율을 이용하여 연료를 차단한다. 연료 필터의 전단이나 후단부에 장치를 설치하는 경우에는 연료가 차단되어 연료 필터가 막힌 것과 유사하게 차량에 시동이 꺼질 수 있어 사고의 위험이 있다. 따라서 유사휘발유 여부를 판별하여 신호만 제공하는 것이 안전하다.<sup>[23]</sup>

(3) 차량장착용 휘발유 검사장치(특허 제 10-0879938)

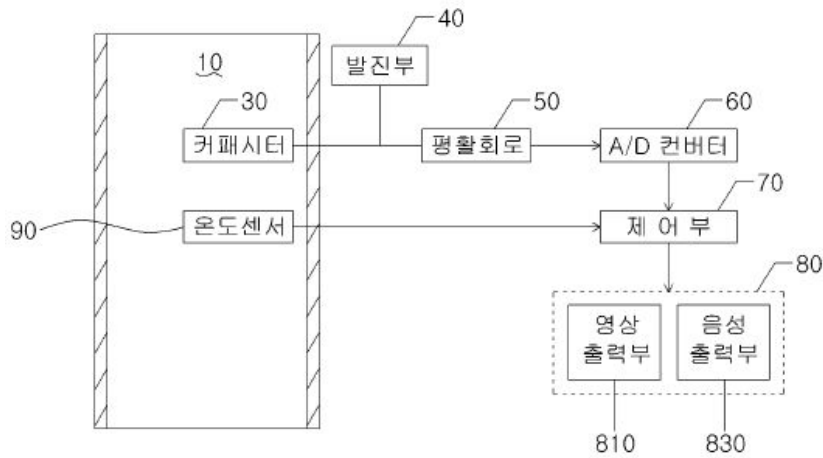


Fig 4.3 차량장착용 휘발유 검사장치<sup>[24]</sup>

발진부에서 발생하는 주파수의 진폭은 커패시터를 통과하는 휘발유의 유전율에 따라 커패시턴스 값이 감쇄된다. 커패시턴스 값은 온도 차이에 의해 변하기 때문에 정확한 분석을 위하여 온도센서를 이용한다. 유전율(Permittivity)은 물질상수로 물질이 가지는 고유한 특성이다. 따라서 정상 휘발유와 유사휘발유의 조성의 차이에 의해 유전율은 다르다. 이러한 특성을 이용하여 정상휘발유와 유사휘발유의 커패시턴스 값을 측정하고 분석하여 판별한다<sup>[24]</sup>.

## 2. 샘플링을 통한 검출 특허

(1) 차량탑재형 연료 검사장치(특허 제 10-0718697호)

한국석유관리원에서 유사휘발유 단속 시 사용하는 차량에 장착된 장치로 차량에 급유되는 연료의 일부를 시료로 검출하여 차량에 탑재된 UV분광광도계(UltraViolet spectrophotometer)와 근적외선 분광 광도계(Near-Infrared spectrophotometer : NIR)를 사용하여 연료의 성분을 분석함으로써

써 차량에 급유되는 연료의 정상유무를 판정한다. UV분광광도계를 이용하여 연료에 첨가된 식별제에 따라 발생하는 스펙트럼을 분석하여 측정한다. 연료의 방향족화합물함량, 탄소함량, 알콜함량, 벤젠, 톨루엔 및 옥탄가를 근적외선 스펙트럼을 근적외선 분광광도계(NIR)로 측정하고 특정 파장 영역에서의 스펙트럼의 흡수 정도에 따라 설정된 검량식에 의하여 유사휘발유를 판별한다.<sup>[26]</sup>

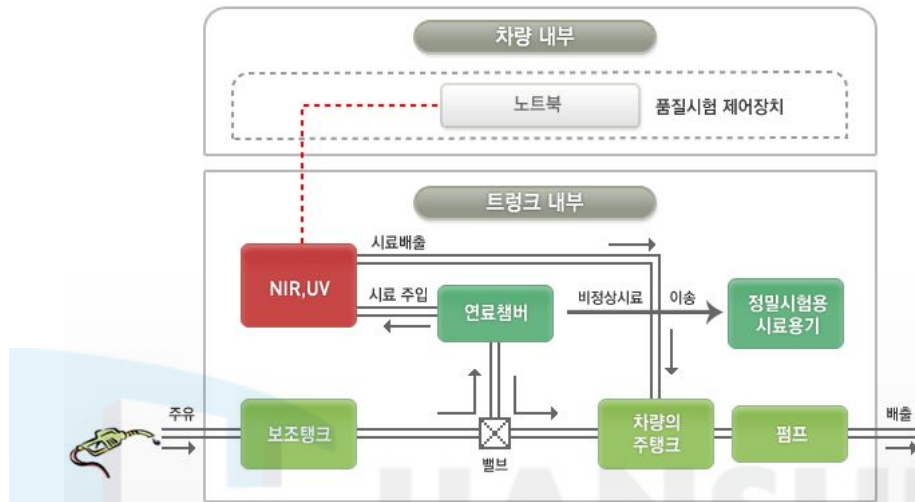


Fig 4.4 차량탑재형 연료 검사장치<sup>[25]</sup>

(2) 폴리다이아세틸렌 함유 폴리머 센서 섬유를 이용한 유사휘발유 검지 방법 및 유사휘발유 검지용 폴리다이아세틸렌 함유 폴리머 센서 섬유 (특허 제 10-1199417)

외부의 폴리스티렌(polystyrene) 매트릭스는 유사휘발유의 성분인 톨루엔과 반응하여 용해되면서 센서 섬유 내부의 폴리다이아세틸렌과 반응하여 청색을 나타내는 폴리다이아세틸렌(polydiacetylene)을 적색으로 변화시킨다.<sup>[27]</sup> 이러한 특성을 이용하여 톨루엔이 첨가된 유사휘발유를 검출할 수 있다. 석유사업자가 톨루엔을 제외한 용제를 혼합한 유사휘발유의 경우 유사휘발유 판별이 어렵고 정유사에서 고급휘발유의 옥탄값을 높이기 위

하여 톨루엔의 함량을 높일 경우 유사연료라 오판하는 경우가 발생할 가능성이 있다고 판단된다.

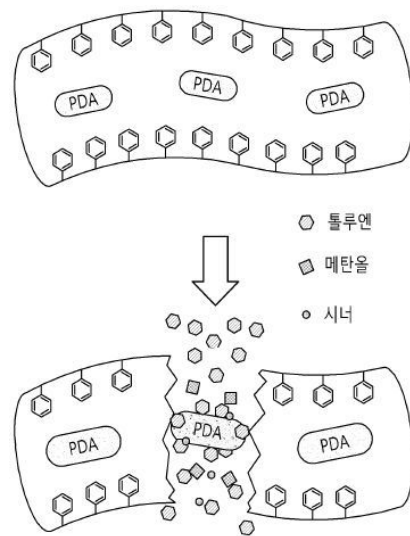


Fig 4.5 폴리다이아세틸렌 함유 폴리머 센서 섬유를 이용한 유사휘발유 검지 방법 및 유사휘발유 검지용 폴리다이아세틸렌 함유 폴리머 센서 섬유<sup>[27]</sup>

### (3) 연료유 검사장치(특허 제 20-0445853)

FT-IR 분석을 통해 정상휘발유와 유사휘발유의 특성 피크를 도출하고 검출 가능한 파장영역의 적외선을 결정하여 사용한다. 인듐바륨비소(InGaAs)재질의 광센서에 적외선을 입사시킨다. 정상휘발유에서의 전압신호를 100% 투과광으로 광센서에 전혀 입사되지 않은 암전류 상태를 0% 투과광으로 설정하여 투과도를 비교함으로써 판별한다.<sup>[28]</sup>

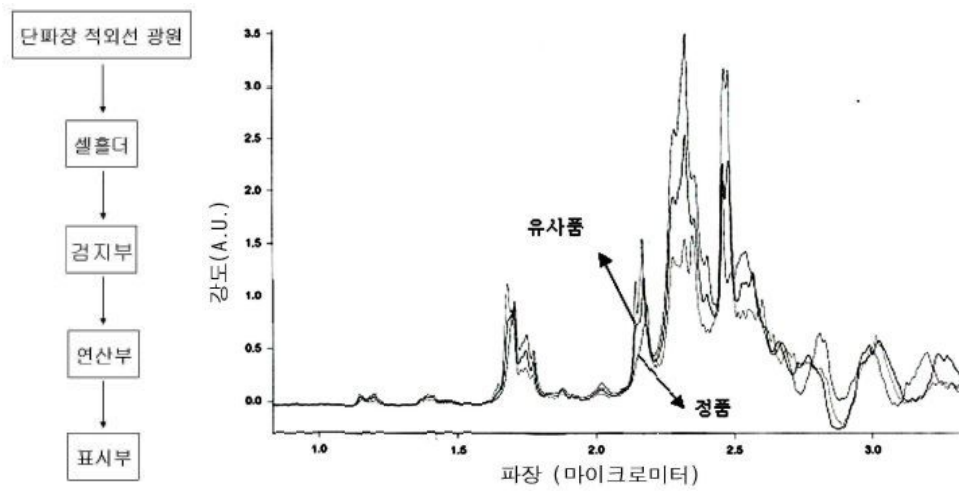


Fig 4.6 연료유 검사장치<sup>[28]</sup>

#### (4) 유사 연료 판별장치 및 시스템(특허 제 10-1040624)

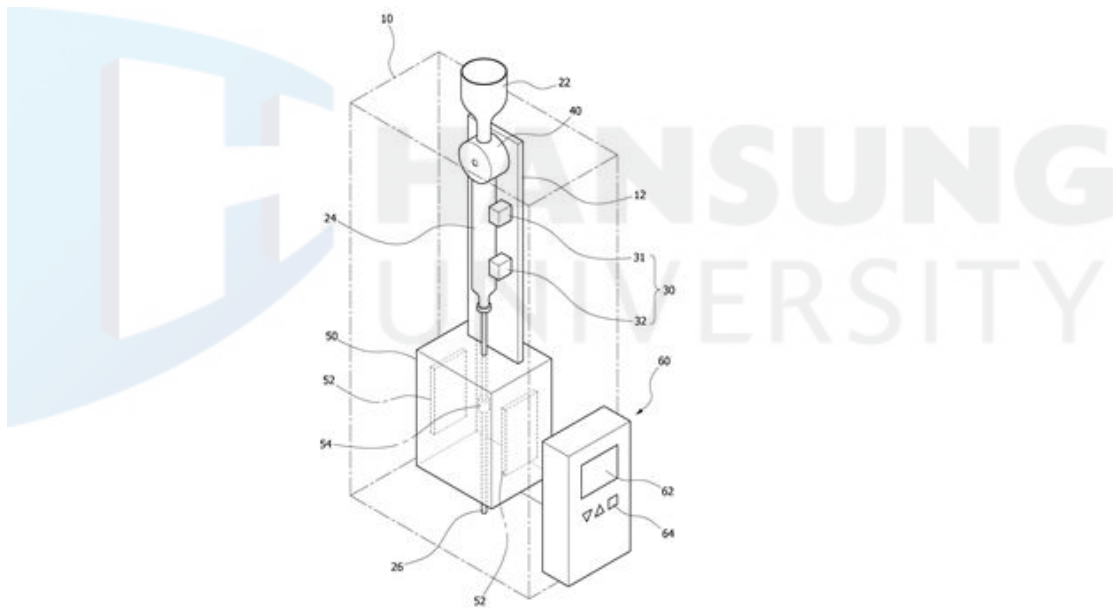


Fig 4.7 유사 연료 판별장치 및 시스템<sup>[29]</sup>

유체의 점성은 일정한 온도에서 고유값을 갖기 때문에 하나의 유체에

다른 유체가 혼합될 경우 점도값이 달라진다. 동일한 조건에서 이러한 특성을 이용하여 정상휘발유와 유사휘발유가 미세한 관을 통과하는데 걸리는 시간을 측정한다. 측정된 시간의 차이를 분석함으로써 판별한다.

특정 온도에서 정상휘발유와 유사휘발유의 점도가 동일한 경우 판별되지 않을 가능성이 있다. 따라서 다른 온도조건으로 반복 시험하여 점도값이 달라질 경우 이를 유사휘발유로 판별한다.<sup>[29]</sup>

## 제 2 절 증기압 측정 관련 특허 조사

### 1. Method and system for estimating fuel vapor pressure (US5878727)

연료탱크의 연료레벨센서와 압력센서를 이용하여 연료레벨과 정해진 부압까지 도달하는 시간으로 연료의 증기압을 추정한다. Fig 4.8과 같이 증발시간에 따른 증기압은 연료레벨이 증가함에 따라 증가한다.

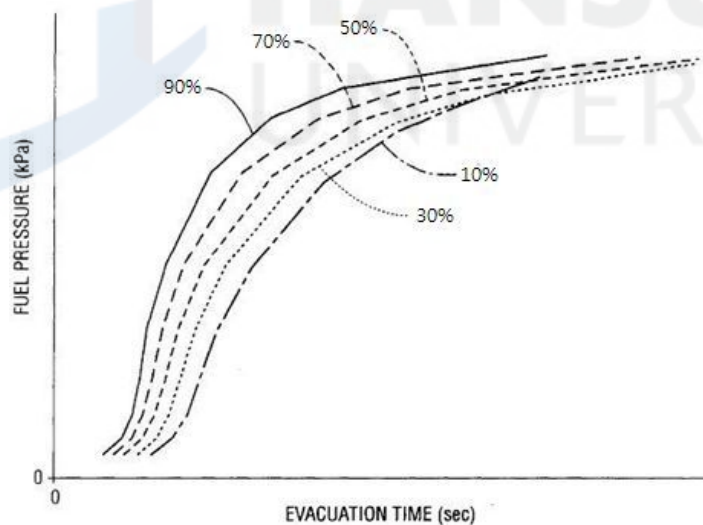


Fig 4.8 연료레벨에 따른 측정시간동안 증기압 변화<sup>[30]</sup>

따라서 연료레벨센서로 연료레벨을 측정한 후 연료탱크의 기상부를 감압하여 정해진 부압에 도달하는 시간을 측정한다. 연료탱크에 부압이 형성되면 연료는 기액평형(Liquid-Vapor equilibrium)을 유지하기 위해 지속적으로 증발하고 정해진 부압까지 도달하는 시간은 연료의 증기압과 비례한다. 따라서 측정된 시간과 연료탱크에 남아 있는 연료레벨로 연료의 증기압 추정이 가능하다.<sup>[30]</sup>

## 2. 연료 증발 배출물 제어 시스템의 작동 방법(특허 10-1029143)

플러그인 하이브리드 차량(Plug-in hybrid vehicle)은 전기모터와 가솔린 엔진을 갖는 구조이다. 주로 전기모터를 이용하여 구동하며 장거리 주행 시 엔진을 사용한다. 장거리 주행을 하지 않는 차량은 오랜 기간 연료가 사용되지 않고 연료탱크에서 풍화되어 증기압이 낮아져 시동성과 운전성이 저하된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 연료의 증기압을 판단한다. 연료탱크의 온도센서와 압력센서를 이용하여  $T_1$ 에서  $T_2$ 로의 온도변화에 따른 연료탱크의 압력변화( $\Delta P$ )를 측정하면 다음의 식으로 리드증기압(RVP)을 예측할 수 있다.

$$RVP = \frac{\Delta P - \left( \frac{P_{atm} \cdot T_2}{T_1} - P_{atm} \right)}{25.61 \left[ T_2 \cdot \text{EXP} \left( -\frac{2789.78}{T_2} \right) - T_2 \cdot \text{EXP} \left( -\frac{2789.78}{T_2} \right) \right]}$$

계산된 연료의 증기압이 낮으면 운전자에게 경고하거나 엔진에 문제가 발생하기 전에 가솔린엔진을 구동한다. 또한 증기압이 높을 경우 과도한 증발가스 배출에 대해 운전자에게 경고한다.<sup>[31]</sup>



### 제 3 절 OBD-II의 증발가스 누출감지 시스템

환경부는 자동차 이용증가에 따른 배출가스 증가에 따른 환경적 문제를 개선하기 위하여 2009년 이후 생산되는 모든 자동차에 OBD-II (On-Board Diagnostic System)의 장착을 의무화하였다. OBD-II는 차량 부품의 고장에 의해 적정 기준치보다 1.5배 이상의 높은 배출가스 발생 가능성을 감지하거나 연료시스템에 1mm 이상의 누출을 감지했을 경우, 주행 상태에 영향을 미칠 수 있는 부품의 오작동을 감지할 경우 계기판에 있는 경고등을 점등시켜 운전자에게 인지하는 기능을 한다.<sup>[32]</sup>

증발가스의 누출확인은 일반적인 도심주행 조건에서 오작동을 감시할 수 있도록 설정하며 해발 2,400m 이하, 영하 6℃ 이상의 대기 조건에서 다음의 조건을 모두 만족하는 경우 운전 사이클에서 적어도 1회 감시를 10초 이내에 실시해야 한다.<sup>[31]</sup>

- (1) 엔진 시동 후 600초 이상인 경우
- (2) 40km/h의 속도 이상으로 누적 운전된 시간이 300초 이상인 경우
- (3) 엔진 공회전 상태가 연속으로 30초 이상인 경우
- (4) 대기온도가 4.5℃ 이상 35℃ 이하 조건에서 엔진 시동 후 600초 이상
- (5) 냉각수 온도가 4.5℃ 이상 35℃ 이하이고, 대기온도 보다 7℃ 이내로 높은 조건에서 엔진이 시동된 경우

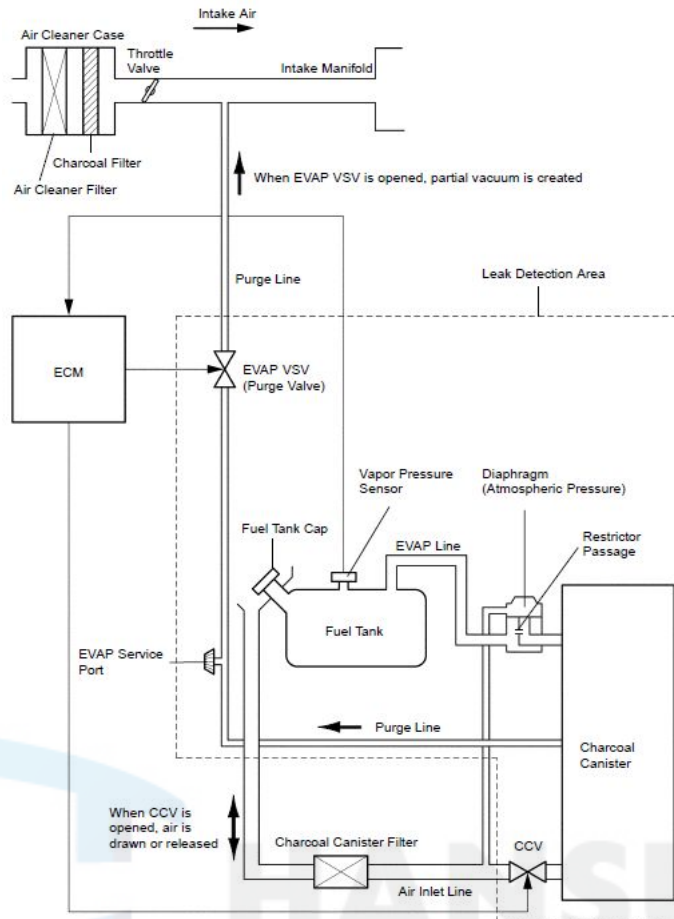


Fig 4.9 증발가스 누출감지 시스템(부압방식)<sup>[34]</sup>

증발가스 누출감지시스템의 검사는 가압방식과 부압방식이 있다. 가압방식의 경우 연료탱크계(Leak detection area)에 압력을 가압하여 시험하기 때문에 증발가스 발생이 더 많아질 수 있다. 따라서 현재는 거의 부압방식을 사용하고 있다.

Fig 4.10과 같이 준비단계에서 EVAP VSV(Vacuum Switching Valve)와 CCV(Canister Close Valve)를 닫아 연료탱크계를 밀폐시킨다. 정해진 측정시간동안 밀폐된 연료탱크계는 연료의 증발가스 발생으로 인해 압력의 변화가 발생하며 연료탱크 압력센서를 이용하여 시간에 따른 압력구배를 측정한다. 감압단계에서 EVAP VSV를 열어 연료탱크계를 감압시켜

부압을 형성한다. 누출측정단계에서 EVAP VSV를 다시 닫고 연료의 증발가스 발생량을 측정한다. 이 때 발생한 압력구배와 준비단계에서 측정된 압력구배를 비교한다. 연료탱크계에 누설이 있다면 압력이 빠르게 대기압 상태로 회복이 된다. 따라서 OBD-II는 연료탱크계에 1mm 이상의 누출을 감지했을 경우 고장으로 판단하여 경고등을 점등한다.

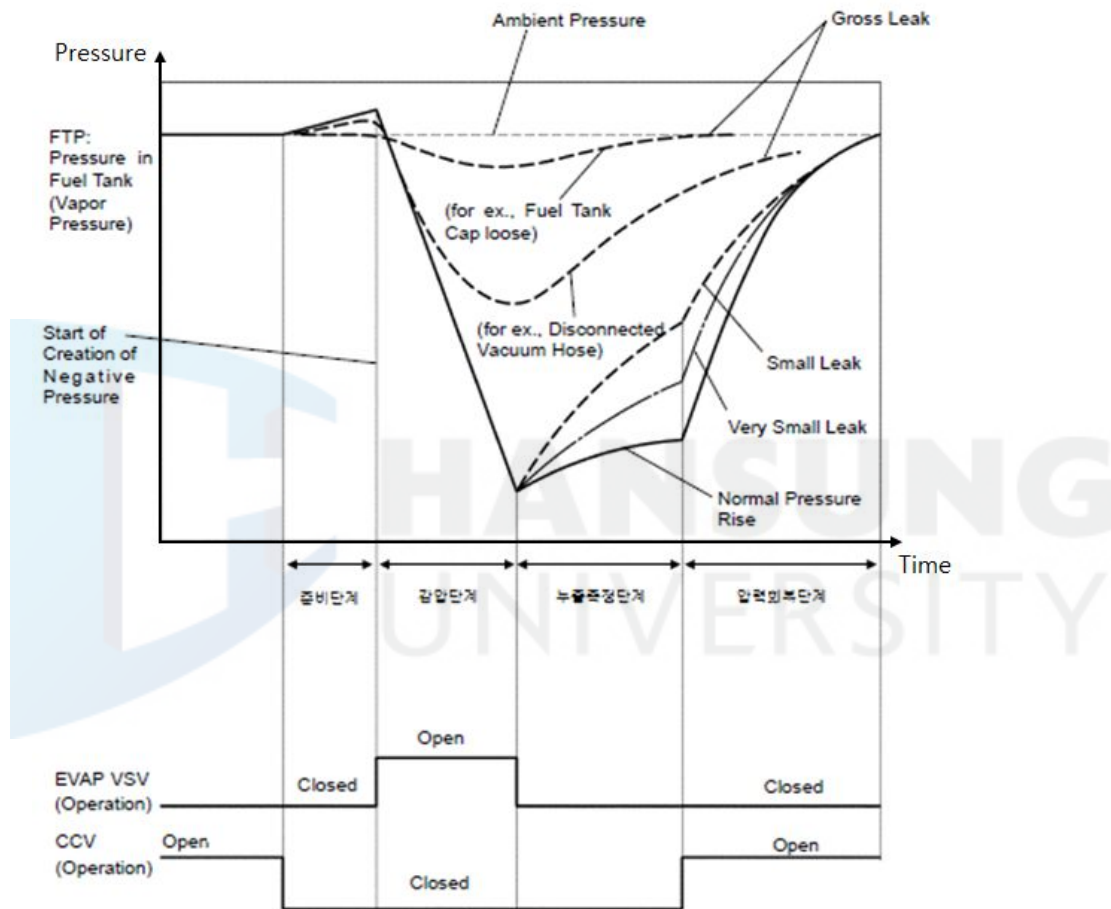


Fig 4.10 증발가스 누출감지 시스템의 압력거동<sup>[34]</sup>

## 제 4 절 증기압 차이를 이용한 유사휘발유 검출

정상휘발유의 증기압은 하절기에 44~60kpa이고 동절기에 44~96kPa이다. 유사휘발유의 증기압은 제조방법과 원료의 구성비율에 따라 정상휘발유의 증기압과 다르다. 이러한 증기압의 차이를 측정할 수 있다면 차량의 연료탱크에 급유된 유사휘발유를 검출할 수 있다고 판단된다.

US5878727(Method and system for estimating fuel vapor pressure) 특허에서와 같이 연료의 증기압은 연료탱크의 연료레벨센서와 압력센서를 이용하여 연료레벨과 정해진 부압까지 도달하는 시간으로 측정할 수 있다.

이와 같은 시스템에서 연료탱크의 증기압은 연료레벨에 따라 달라진다. 따라서 증기압을 측정하기 위해서는 연료탱크에 남아있는 연료레벨에 따른 증기압 변화에 대한 방대한 데이터를 필요로 한다. 또한 연료의 온도에 따른 증기압을 보정해 주어야 한다.

OBD-II의 증발가스 누출감지시스템과 같이 Fig 4.10의 감압단계에서 음(negative)의 값을 갖는 압력구배를 이용하는 것이 가장 실용적이라고 판단된다. 유사휘발유의 검출을 위한 측정을 자주 할 필요는 없다. 유사휘발유 검출 측정은 차량의 연료탱크에 급유 한 시점과 재급유 시점 사이에 이루어지면 된다. 따라서 연료탱크에 남아 있는 연료레벨에 의한 증기압의 변화를 제거하기 위하여 측정을 수행할 경우의 연료레벨을 미리 정해두는 것이 좋다고 판단된다. 연료레벨이 50%, 60%, 70% 정도에서 기준값을 정하고 주행에 따라 연료레벨센서의 값이 정해진 기준값에 도달하면 적당한 시간에 증기압측정모드에 들어간다. 증기압측정모드는 증발가스 누출감지시스템의 초기 감압단계와 같다. 다른 것은 연료의 온도센서를 부가하여 연료의 온도를 측정하는 것이다. 이 온도값을 이용하여 증기압을 온도에 대해 보정하여 정상휘발유의 증기압과 비교한다. 그러나 실제 측정하는 것은 정해진 부압에 도달하는 시간이다. 따라서 이 시간을 연료 온도에 따른 증기압의 변화로 보정해 주어야 한다. 판정기준은 정해진 부압에 도달하는 시간의 범위로 주어져야 한다. 예를 들면 탱크내의 연료레벨이 50%로 떨어진 경우 연료탱크의 기상부를 감압하여 정해진 부압에 도달하는 시간을

측정한다. 측정된 시간이 정상회발유의 범위를 벗어나는 경우 OBD-II에서 유사회발유로 판단하며 경고등을 점등하여 운전자에게 경고한다.

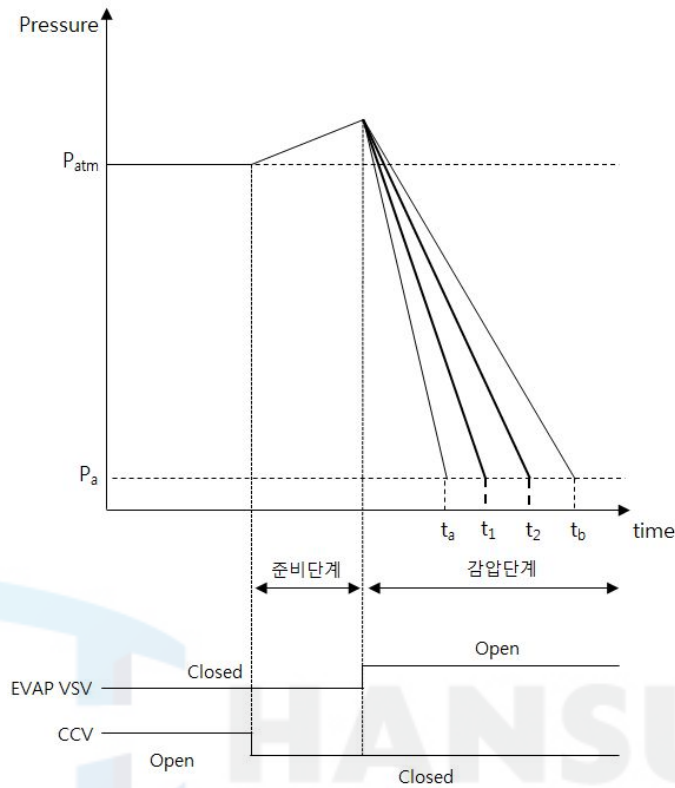


Fig 4.11 증기압 구배에 따른 유사회발유 검출

따라서 OBD-II를 위한 장치에 연료온도 측정센서만을 부가하고 증발가스 검출을 위한 연료탱크 기상부의 감압과정과 연료레벨센서의 신호를 이용하고 연료온도에 대한 보정을 실시하여 감압에 걸리는 시간을 측정함으로써 연료의 상태를 판정할 수 있다. Fig 4.11에서와 같이 정해진 부압( $P_a$ )에 도달하는데 측정된 시간이 정상회발유의 시간 범위인  $t_1 \sim t_2$ 를 벗어나는 시간( $t_a$ ,  $t_b$ )이 측정될 경우를 유사회발유로 판단할 수 있다.

## 제 5 장 결 론

고유가가 지속되고 석유제품과 석유화학제품간 세금격차가 있어 이를 혼합하여 차량에 급유함으로써 생기는 세금차액의 부당이득을 얻고자 하는 공급자와 정상휘발유 가격에 부담을 느끼는 소비자의 이해관계가 맞아 유사휘발유의 제조와 유통 및 사용이 지속되고 있다. 이에 따라 사고가 빈번히 일어나고 있다.

유사휘발유에 의하여 발생한 사고사례를 분석해 본 결과 사고의 유형이 제조(보관)시, 운반시, 사용(급유)시로 분류되며 대부분의 사고가 유사휘발유의 높은 유증기에 의해 발생하였다. 불법적인 유사휘발유 제조업체는 소방시설과 설비가 열악하고 화재에 대한 안전의식이 결여되어 있기 때문에 사고의 위험이 높다. 유사휘발유 저장탱크는 유증기 배출장치가 설치되지 않아 유증기에 의한 폭발 가능성이 높다. 또한 유사휘발유를 적재한 채 운반하는 과정에서 차량전복 등의 사고발생시 발생하는 스파크 등에 의해서 차량 내 적재된 유사휘발유에 의한 화재 및 폭발사고의 위험성이 커진다.

유사휘발유는 용제와 톨루엔, 메탄올을 이용하여 제조되며 제조방법과 원료의 구성비율에 따라 정상휘발유의 품질기준을 만족하지 못한다. 유사휘발유는 정상휘발유에 포함된 첨가제의 미사용으로 인해 엔진내 퇴적물이 증가하고 옥탄값이 낮은 용제를 혼합할 경우 노크현상이 발생한다. 증기압이 낮아질 경우 차량의 시동성을 저하시키고 연소실내의 퇴적물을 증가시키며 증기압이 높아질 경우 증기폐쇄현상이 일어나게 된다. 톨루엔의 영향으로 방향족화합물의 부피가 기준치보다 높아져 미연소 탄화수소의 배출량이 증가하게 된다. 또한 메탄올을 혼합할 경우 엔진과 연료계통에 부식을 일으키고 증기압을 상승시키는 원인이 된다.

국내 유사연료를 판별장치에 관한 특허는 9건으로 차량에 장착되는 경우에 차량에 설치가 간단해야 하며 소비자가 급유시 인식하지 못한 유사연료를 감지하여 계기판에 점등이나 경고음 등의 형태로 소비자가 인식할 수 있어야 한다. 연료의 샘플링을 통하여 분석하는 경우는 기기의 조작이 복잡하지 않고 샘플링이나 테스트를 할 경우에 빠른 시간 안에 검출할 수

있어야 하며 가격이 비싸지 않아 소비자들이 구매하여 사용할 수 있어야 한다고 판단된다.

OBD-II의 증발가스 누출검사시스템은 연료탱크 압력센서로 연료탱크계에 부압을 가하고 시간에 따른 압력구배를 비교하여 누출을 감지한다.

유사휘발유의 증기압은 제조방법과 원료의 구성비율에 따라 정상휘발유의 증기압과 다르다.

US5878727(Method and system for estimating fuel vapor pressure) 특허에서와 같이 연료의 증기압은 연료탱크의 연료레벨과 정해진 부압까지 도달하는 시간으로 측정할 수 있다. 연료레벨에 따라 증기압이 달라지기 때문에 연료레벨에 따른 방대한 데이터를 필요로 한다. 따라서 연료레벨에 따른 방대한 데이터를 없애고자 기준이 되는 연료레벨을 정하여 연료탱크의 연료레벨이 그 기준을 통과하는 경우 증기압 측정모드에 들어간다. 또한 연료의 온도에 따른 증기압을 보정해 주어야 한다.

따라서 OBD-II를 위한 장치에 연료온도 측정센서만을 추가하고 증발가스 검출을 위한 연료탱크 기상부의 감압과정과 연료레벨센서의 신호를 이용하고 연료온도에 대한 보정을 실시하여 정해진 부압에 도달하는 시간을 측정함으로써 정상휘발유의 범위를 벗어나는 경우를 유사휘발유로 검출 가능하다고 판단된다.

## 【참고문헌】

- [1] 국토해양부 교통정책실, 자동차 등록 현황보고, e-나라지표 (2011)
- [2] 관계부처 합동, 유사석유제품 근절 종합대책, 국가정책조정회의 (2011)
- [3] 소방방재청장, 『위험물 사고 사례집』, 소방방재청 (2005~2010)
- [4] 한국산업안전공단, 유사휘발유 제조 중 화재사고, 중대재해조사속보 안전 제 2004-10호(2004)
- [5] 김기중, 경찰 폭발사고 주유소 사장 긴급체포 사망자 4명으로, 뉴스시스 (2011)
- [6] 송보경, 한국의 휘발유 가격과 유류세를 구매력 평가에 기반하여 비교 분석, (주)소비자시민모임 (2012)
- [7] 오피넷, OECD국가 별 휘발유 가격, 한국석유공사(2012)
- [8] 한국석유관리원, 「유사석유제품 유통실태 분석을 통한 유통량 및 탈루세액 추정」, 지식경제부(2009)
- [9] 전소영, 「유사휘발유 사용에 의한 BTX 배출량 추정」, 수원대학교 학위논문 (2012)
- [10] 한국석유관리원, 석유제품의 품질특성, 석유담당공무원교육자료(2009)
- [11] 지식경제부, 석유제품의 품질기준과 검사방법 및 검사수수료에 관한 고시, 지식경제부 고시 제2011-299호 (2011)
- [12] 김종우 외 3인, 『Auto-Engine』, 골든벨 (2009)
- [13] Chevron, 『Motor Gasolines Technical Review』, Chevron (2009)
- [14] 김정환 외 4인, 「FT-IR을 이용한 정상휘발유와 유사휘발유의 엔진 성능 및 배기가스 특성에 관한 연구」, 한국석유품질관리원 연구센터 (2006)
- [15] Sakari Halmemies, Estimation of the Time Periods and Processes for Penetration of Selected Spilled Oils and Fuels in Different Soils



- in the Laboratory, *Spill Science & Technology Bulletin*, Vol. 8 (2003)
- [16] 황동진, 자동차용 연료, 자동차공해연구소  
(<http://airlab.wkhc.ac.kr/acidrain/envdb/ham6/6-12.htm>)
- [17] 정용일 외 3인, 『자동차와 환경』, 숭실대학교 출판부 (2010)
- [18] 지식경제부 석유산업과, 석유 및 석유대체연료 사업법 제2조
- [19] 김성용, 「석유산업정책에 대한 연구 : 유사석유 불법거래실태 및 근절방안을 중심으로」, 한양대학교 학위논문 (2009)
- [20] 김재권 외 3인, 「유사석유제품(휘발유) 성능평가 연구결과보고」, 한국석유관리원 (2009)
- [21] 신동현, 「메탄올이 휘발유 엔진 성능에 미치는 영향」, 『석유협회보』, SK주식회사 석유제품기술팀, pp.58-63 (2003)
- [22] 이호근 외 1인, 유사연료 판별장치(특허 제 10-0956457)
- [23] 민병찬, 유사휘발유 판별장치(특허 제 10-1130907), 한밭대학교 산학협력단
- [24] 김용은 외 1인, 차량장착용 휘발유 검사장치(특허 제 10-0879938), 전북대학교 산학협력단
- [25] 한국석유관리원, 비노출 시험차량([www.kpetro.or.kr](http://www.kpetro.or.kr))
- [26] 김기호, 차량탑재형 연료 검사장치(특허 제 10-0718697), 한국석유품질관리원
- [27] 김종만 외 1인, 폴리다이아세틸렌 함유 폴리머 센서 섬유를 이용한 유사휘발유 검지 방법 및 유사휘발유 검지용 폴리다이아세틸렌 함유 폴리머 센서 섬유(특허 제 10-1199417), 한양대학교 산학협력단
- [28] 이근현 외 2인, 연료유 검사장치(특허 제 20-0445853), (주)휴마스
- [29] 이호근 외 3인, 유사 연료 판별장치 및 시스템(특허 제 10-1040624)

- [30] Thomas Allan Huls, Method and system for estimating fuel vapor pressure(US5878727), Ford Global Technologie
- [31] Sam R. Reddy, 연료 증발 배출물 제어 시스템의 작동 방법 (특허 10-1029143), General Motors Corporation
- [32] 박정국, 「북미 OBD-II 법규」, 『한국자동차공학회지 8월호』, 한국자동차공학회, pp 39-43 (2000)
- [33] 환경부, 제작자동차 배출가스 허용기준 소음허용기준의 검사방법 및 절차에 대한 규정, 환경부 고시 제2008-151호
- [34] Toyota, Evaporative emission control system incorrect purge flow DTC P0441, Highlander Repair Manual (2005)
- [36] 지식경제부 기술표준원, 공업용 휘발유 KS M 2611, 국가표준인증종합정보센터(2010.12)
- [37] 김정환 외 4인, 「유사휘발유가 가솔린 엔진 (흡기밸브)의 퇴적물에 미치는 영향에 대한 연구」, 한국석유품질관리원 연구센터 (2009)
- [38] 유영숙 외 5인, 「연료 중 방향족함량이 자동차 배출가스에 미치는 영향」, 국립환경연구원 자동차공해연구소 (2001)
- [39] 김정환 외 4인, 「자동차용 휘발유의 조성성분이 엔진 및 차량에 미치는 영향에 관한 연구」, 한국석유품질관리원 연구센터 (2010)
- [40] 전정욱 외 1인, 「자동차 배출가스 자기진단 장치의 유용성과 활용 방안」, 『교통기술과 정책 제3권 제1호』, 대한교통학회, pp.127-143 (2006)
- [41] 임윤성 외 11인, 「주행 중 발생하는 증발가스 및 배출오염물질 현황 연구」, 국립환경과학원 (2009)

# **ABSTRACT**

## **A Study on the Detecting Method and the Analysis of Accidents by Illegally Processed Gasoline**

**Ko, Bumsuk**

**Major in Mechanical Systems Engineering**

**Dept. of Mechanical Systems Engineering**

**Graduate School, Hansung University**

Gas station selling illegally processed gasoline had an explosion accident on September 2011. Accidents were often caused by high vapor pressure of illegally processed gasoline.

In this study, analysis on the accident cases by handling illegally processed gasoline and identification the problem in engine and environment caused by illegally processed gasoline were carried out. Also a detecting method of illegally processed gasoline by analysis on the patents was suggested.

Types of accident cases were divided into manufacturing, transporting and selling. Illegally processed gasoline manufacturers have a higher risk of accident because of inadequate fire-fighting facilities and safety unconsciousness. Also during transporting and selling the illegally processed gasoline, fire and explosions accident were occurred by carelessness.

Illegally processed gasoline was blended with the solvent, toluene and

methanol in accordance with the manufacturing method. So it was not satisfied with regular gasoline quality standards, including octane number, vapor pressure and aromatic contents. Therefore, engine knocking, start-up degradation, increase of aromatic hydrocarbon emissions, corrosion of engine and fuel system could happen.

The vapor pressure of illegally processed gasoline deviates from the range of vapor pressure of regular gasoline. Vapor pressure gradient of fuel tank by using negative pressure is measured during the evaporative leakage monitoring system of OBD-II (On-Board Diagnostic System). The fuel vapor pressure can be quantified based on the time measured till the fuel tank pressure reach the predetermined pressure at the predetermined fuel level. Measured time in this system should be calibrated with the temperature of fuel.

As a result, if the measured time is beyond the time range of regular gasoline, the system may warn the possibility of illegally processed gasoline.

**【KEY WORDS】** Illegally processed gasoline, Accident cases, Detecting method