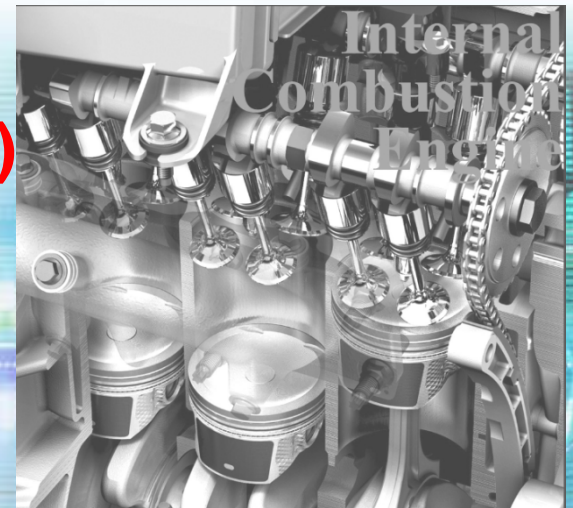


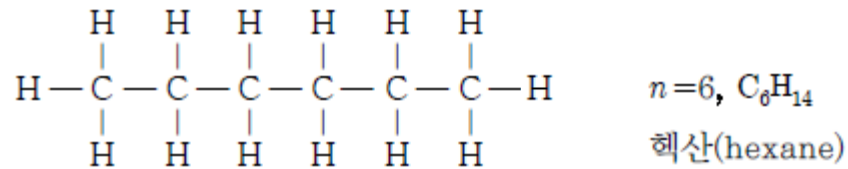
# 내연기관 (Internal Combustion Engine)

2012년도 1학기(제 6주)

기계자동차공학부  
박승운



# 제4장 연료 및 연소



$n=1$ 메탄(methane, $\text{CH}_4$ )	$n=6$ 헥산(hexane, $\text{C}_6\text{H}_{14}$ )
$n=2$ 에탄(ethane, $\text{C}_2\text{H}_6$ )	$n=7$ 헵탄(heptane, $\text{C}_7\text{H}_{16}$ )
$n=3$ 프로판(propane, $\text{C}_3\text{H}_8$ )	$n=8$ 옥탄(octane, $\text{C}_8\text{H}_{18}$ )
$n=4$ 부탄(butane, $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )	$n=9$ 노난(nonane, $\text{C}_9\text{H}_{20}$ )
$n=5$ 펜탄(pentane, $\text{C}_5\text{H}_{12}$ )	$n=10$ 데칸(decane, $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ )

### ◆ 학습목표

- 내연기관용 각종 연료의 종류와 특성에 대한 이해
- 불꽃점화기관용 및 압축점화기관용 연료의 종류와 그 특성에 대한 이해

### ◆ 학습성과

- 내연기관에 사용되는 주요 연료들에 대한 특성에 대해 설명할 수 있어야 함.



## 강의 내용 및 순서

- 연료의 종류
- 석유연료의 성분 및 제조법
- 스파크점화기관의 연료
- 디젤기관 연료

## ■ 연료의 종류

### ○ 실린더 내에서 연소하는 시간

$$t = \frac{\theta}{6n}$$

$t$ : 연소시간[s]

$\theta$ : 연소가 이루어지는 크랭크각도[°]

$n$ : 회전수[rpm]

※ 폭발(explosion) : 짧은 시간에 연소하는 것.

### ○ 내연기관용 연료의 구비조건

- 기화성이 좋을 것.
- 적당한 점도를 가질 것.
- 인화점이 낮을 것.
- 착화점이 낮고 연소성이 좋을 것.
- 내폭성이 클 것.
- 부식성이 없을 것.
- 발열량이 크고 연소퇴적물이 없을 것.
- 부유물이나 고형물질이 없을 것.
- 저장에 위험이 없고 경제적인 것.

## ■ 연료의 종류

### 1) 기체연료

; 35 °C 이하의 상온에서 기체로 존재하는 연료.

⇒ 액화시킨 후 고압용기에 넣어 사용

- 액화석유가스(liquefied petroleum gas, LPG)
- 액화천연가스(liquefied natural gas, LNG)
- 압축천연가스(compressed natural gas, CNG)
- 수소가스(hydrogen gas, HXG)
- 석탄가스 및 용광로가스

#### ※ 기체연료의 특성

- 기화기가 필요 없음.
- 연소가 잘되고, 다실린더로의 균등분배가 용이
- 체적이 크기 때문에 액화시켜 고압용기에 저장(압력↑, 온도↓)

⇒ 프로판계나 부탄계 탄화수소를 액화시켜 사용(LPG)(프로판계 ; 가정용, 부탄계 ; 차량용)



## ■ 연료의 종류

### 1) 기체연료

#### ※ LPG의 장점과 단점(가솔린 대비)

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 옥탄가가 높고 반 노크성이 큼.</li> <li>- 발열량이 12000 kcal/kg으로 높음.</li> <li>- 4에틸 납이 없으므로 공해문제에 유리.</li> <li>- 황 성분이 없으므로 부식이 적음.</li> <li>- 기체이므로 유통유 희석이 적음.</li> <li>- 경제적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고압가스이므로 위험성 있음.</li> <li>- 용기의 무게가 무거움.(고압용기)</li> <li>- 충전소가 한정되어 충전에 불편.</li> </ul>

※ 옥탄가 : anti-knock성을 수치화 한 것. 녹킹이 잘 일어나는 n-heptane을 옥탄가 0으로하고, 녹킹이 일어나지 않는 iso-Octane을 옥탄가 100으로 하여 계량화 한 수치.

$$ON = [(iso-Octane\ 양)/(n-heptane\ 과\ iso-Octane\ 혼합물)] \times 100$$

- 옥탄가를 향상시키기 위하여 4에틸 납이나 4메틸 납 등을 가솔린에 첨가하였으나 1993년 부터 이들 대신에 MTBE(함산소화합물)를 첨가하고 있음. ⇒ 무연휘발유

\* MTBE(Methyl Tertialry Buthyl Ether),  $(CH_3)_3COCH_3$

: 미국 EPA에서 2급 발암물질로 분류

## ■ 연료의 종류

### 2) 액체연료

- 석탄계 : 액화가솔린, 액화등유 등
- 석유계 : 가솔린, 등유, 제트연료, 경유, 중유 등
- 식물계 : 메탄올(목질식물), 에탄올(곡물), 식물성 기름 등
- 혈암계 : 원유성분을 함유한 다공성 혈암(shale)에서 채취, 셰일유(shale oil)

### 3) 주요 내연기관용 연료의 특성

종 류	저위발열량 (HI, kcal/kg)	비중	인화점(°C)	착화점(°C)	증류온도(°C)
가솔린	11,000~11,500	0.69~0.77	-10~-13	400~500	40~120
등 유	10,700~11,300	0.77~0.84	40~70	450	200~250
제트연료					
경 유	10,500~11,000	0.84~0.89	45~80	340	250~300
중 유	10,000~10,500	0.89~0.99	50~90	400	300~350
메틸알코올	4,700	0.8	9~12	470	
에틸알코올	6,400	0.8	9~13	423	

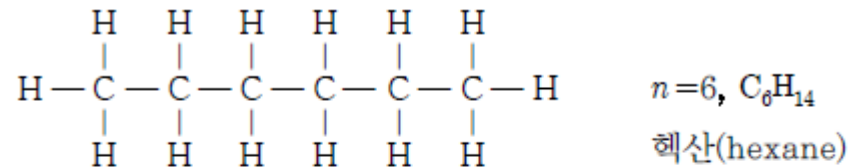


## ■ 석유 연료의 성분 및 제조법

### 1) 원유의 성분

- 암황색, 암갈색, 흑색
- 저위발열량 ; 9500 ~ 11,000 [kcal/kg], 비중 ; 0.8 ~ 0.95
- 탄소 80~86%, 수소 12~15%, 기타(황, 질소, 산소 등)
- 파라핀계(  $C_nH_{2n+2}$  ), 나프텐계(  $C_nH_{2n}$  ), 올레핀계(  $C_nH_{2n}$  ), 디올레핀계(  $C_nH_{2n-2}$  ), 방향족계(  $C_nH_{2n-6}$  )

#### ▶ 파라핀계( $C_nH_{2n+2}$ )

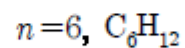
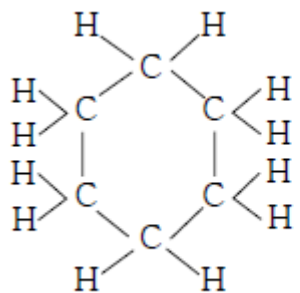


$n=1$ 메탄(methane, $CH_4$ )	$n=6$ 헥산(hexane, $C_6H_{14}$ )
$n=2$ 에탄(ethane, $C_2H_6$ )	$n=7$ 헵탄(heptane, $C_7H_{16}$ )
$n=3$ 프로판(propane, $C_3H_8$ )	$n=8$ 옥탄(octane, $C_8H_{18}$ )
$n=4$ 부탄(butane, $C_4H_{10}$ )	$n=9$ 노난(nonane, $C_9H_{20}$ )
$n=5$ 펜탄(pentane, $C_5H_{12}$ )	$n=10$ 데칸(decane, $C_{10}H_{22}$ )

## ■ 석유 연료의 성분 및 제조법

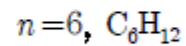
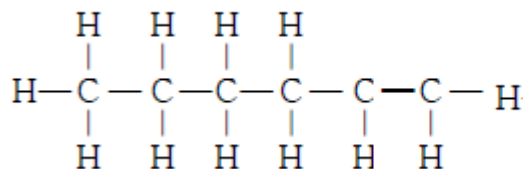
### 1) 원유의 성분

#### ▶ 나프텐계( $C_nH_{2n}$ )



사이클H hexan(cyclo hexane)

#### ▶ 올레핀계( $C_nH_{2n}$ )

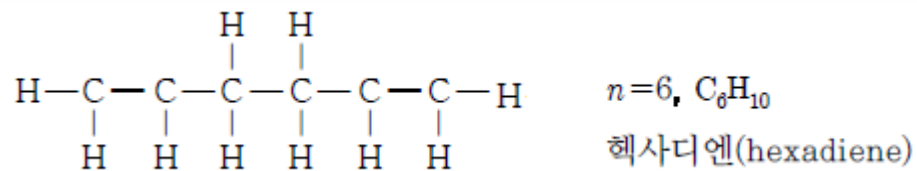


hexan(hexane)

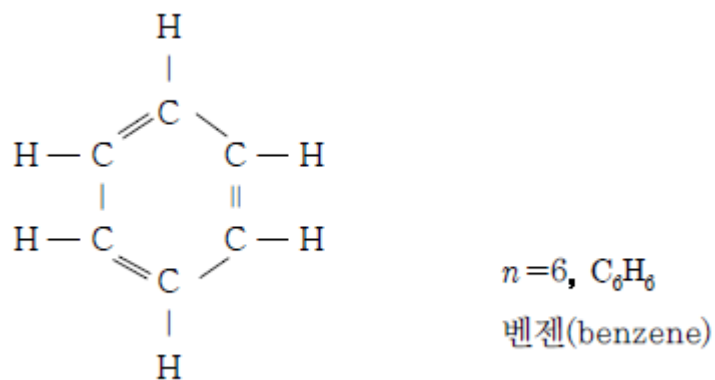
## ■ 석유 연료의 성분 및 제조법

### 1) 원유의 성분

#### ▶ 디 올레핀계( $C_nH_{2n-2}$ )



#### ▶ 방향족( $C_nH_{2n-6}$ )

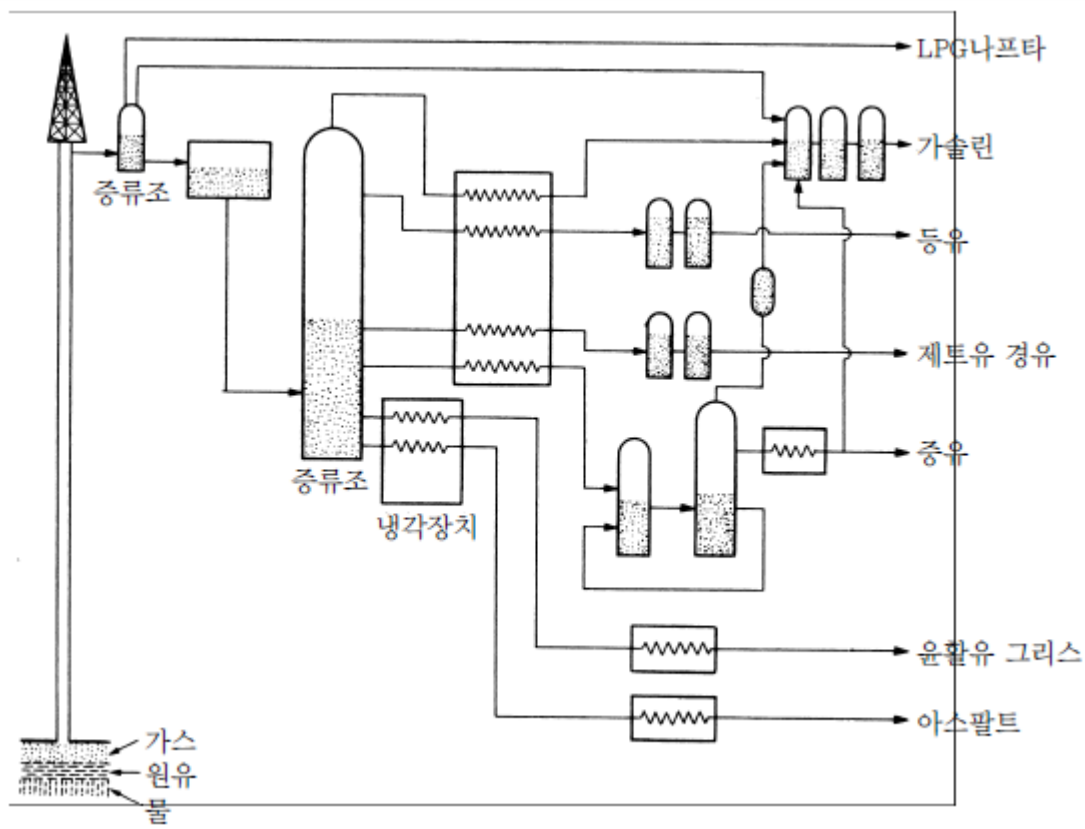




## ■ 석유 연료의 성분 및 제조법

### 2) 석유 제조법

#### ▶ 직류법



40 ~ 200 °C

200 ~ 250 °C

250 ~ 300 °C

300 ~ 350 °C

## ■ 석유 연료의 성분 및 제조법

### 2) 석유 제조법

#### ▶ 전환법(conversion process)

; LPG나 중유 성분에서 필요한 성분으로 전환시켜 제조하는 방법.

- ① 천연가스 가솔린 : 천연가스에 함유된 가솔린을 중유나 경유에 흡수시켜 제조하는 방법.
- ② 분해법(cracking) : 고분자 탄화수소를 열분해나 촉매를 통해 저분자 탄화수소로 만드는 것.
- ③ 중합법(polymerization) : 저분자 탄화수소를 고분자 탄화수소로 만드는 법.
- ④ 수소첨가법(hydrogenation) : 불포화 탄화수소에 수소를 첨가하여 포화탄화수소로 만드는 것.

※ 포화탄화수소 : 연소성이 양호, ON 증가 ⇒ 기관의 출력 증가

## ■ 스파크 점화기관의 연료

### ※ 가솔린기관용 연료의 구비조건

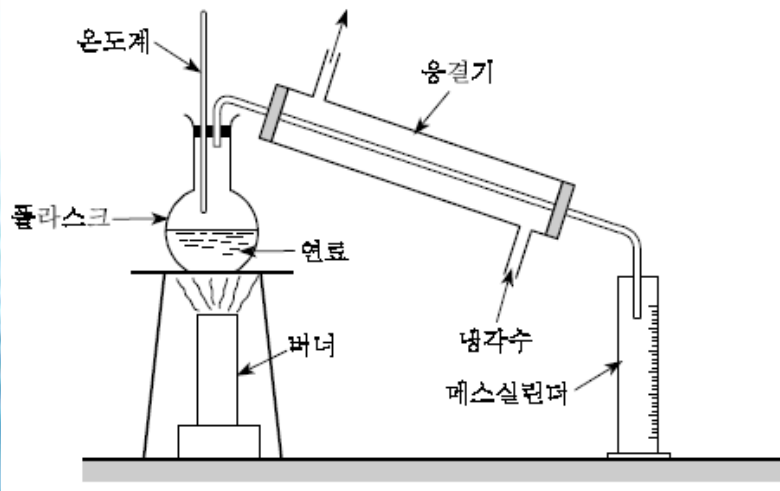
- ① 기화성(volatility)이 양호할 것.
- ② 연소성이 좋을 것.
- ③ 착화온도가 높을 것.
- ④ 노크가 일어나지 않을 것.
- ⑤ 안정성이 좋을 것.
- ⑥ 부식성이 없을 것.
- ⑦ 발열량이 클 것.
- ⑧ 경제적인 것.



## ■ 스파크 점화기관의 연료

### ※ 가솔린기관용 연료의 구비조건

#### ◆ 기화성(volatility) : 액체가 기체로 되는 성질.



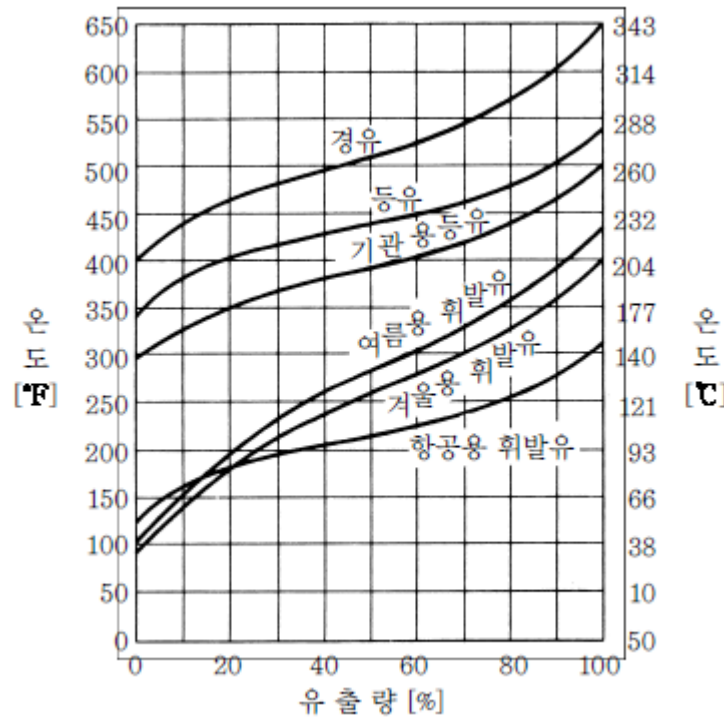
ASTM 증류시험장치

- 초유점 : 매스실린더에 처음 한 방울 떨어질 때의 온도.
- 10% 점 : 매스실린더에 10cc 유출되었을 때의 온도.
  - 너무 낮을 경우 : 여름철에 vapor lock이나 percolation 현상 발생
  - 너무 높을 경우 : 냉시동이 잘 되지 않음
- ※ vapor lock(증기폐쇄) : 연료계통에서 열이 증가하면 연료가 증발되어 연료공급을 방해하는 현상.
- ※ percolation : 엔진 회전수를 감속했을 때 혼합기가 농후해져 점화기에서 실화(miss fire) 되는 현상.
- 30% 점과 60% 점 : 이들 점이 높으면 가속성이 떨어짐.
- 90% 점 : 높으면 연료의 기화성이 나쁨.
- 건점 : 플라스크에 연료가 모두 증발했을 때의 온도.

## ■ 스파크 점화기관의 연료

※ 가솔린기관용 연료의 구비조건

◆ 기화성(volatility)



주요 연료의 ASTM 증류곡선

## ■ 스파크 점화기관의 연료

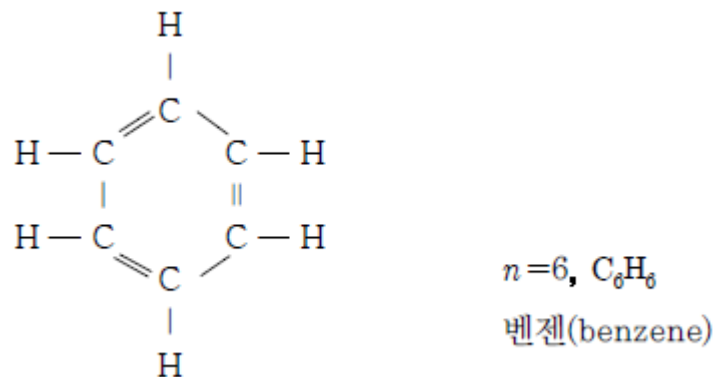
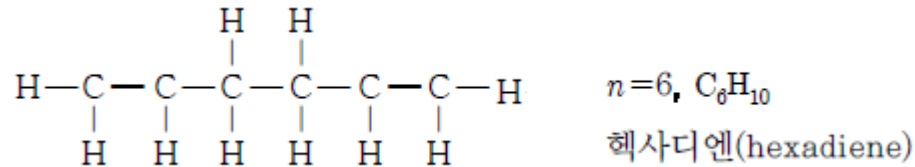
### ※ 가솔린기관용 연료의 구비조건

#### ◆ 연소성(combustibility) : 연료가 연소하는 특성

※ 연소 ; 연료가 산소와 화학적으로 결합하는 것.

※ 연소성이 좋다?

- 탄소와 수소의 규칙적 결합(연료) → 탄소를 떼어내고 수소와 산소가 결합
- 화학적 구조가 직렬쇄상인 연료는 연소성이 좋고, 환상구조식은 연소성이 나쁨.
- 같은 구조에서도 2중 결합이 많을 수록 연소성은 나빠짐.





## ■ 스파크 점화기관의 연료

### ※ 가솔린기관용 연료의 구비조건

#### ◆ 인화성(inflammability)과 착화성(ignitionability)

o 인화점 (flash point) : 연료에 불씨를 접근시켰을 때 발화되는 최저온도.

- 석유계 연료 :  $-15 \sim 80^{\circ}\text{C}$

- 가솔린 :  $-10 \sim -13^{\circ}\text{C}$

o 착화점(firing point) : 불씨 없이 열을 가하여 발화되는 최저온도.

- 석유계 연료 :  $250 \sim 500^{\circ}\text{C}$

- 가솔린 :  $400 \sim 500^{\circ}\text{C}$

- 경유 :  $340^{\circ}\text{C}$

※ 스파크 점화기관 : 착화점이 높을 수록 좋음,  
디젤기관 : 착화온도가 낮을수록 좋음

## ■ 디젤기관의 연료

### ※ 디젤기관용 연료의 구비조건

- ① 점도가 적당할 것.
- ② 착화온도가 낮을 것.
- ③ 기화성(volatility)이 양호할 것.
- ④ 발열량이 클 것.
- ⑤ 안정성이 좋을 것.
- ⑥ 부식성이 없을 것.
- ⑦ 내한성이 좋을 것.
- ⑧ 황 및 회분 성분이 적을 것.

## ■ 디젤기관의 연료

### ※ 디젤기관용 연료의 구비조건

#### ◆ 점성(viscosity)

- 점성이 너무 클 경우 : 연료 입자의 크기가 커져서 불완전 연소 초래.
- 점성이 너무 작을 경우 : 무화가 잘되어 실린더 내로의 관통력이 부족하게 되어 불균일 분포 형성.

#### ◆ 착화성(ignitionability)

- 착화온도가 너무 높거나 착화 지연시간이 너무 길 경우 : 디젤 노크형상 발생
  - \* 착화지연시간 : 연료가 불붙는 시간

#### ◆ 황(sulfur) 및 회분(ash) 성분

- o 황 성분 ; 2~4% 함유. 연소시 산소와 작용하여 황산을 발생 배기계통의 부식 초래.
- o 회분 성분 ; 실린더 내에서 마모 촉진, 조기점화 유발. 배기밸브 마모 유발.





## ◆ 다음강의(예고)

- 연료의 발열량과 이론 공기량
- 불꽃점화기관 및 압축점화기관의 연소특성



**감사합니다.**

