

# 에너지와 탄화수소

Energy and Hydrocarbons

제6장

탄화수소 화합물 : C와 H로 구성된 화합물

: 화석연료의 대부분

- 천연가스 : 메테인

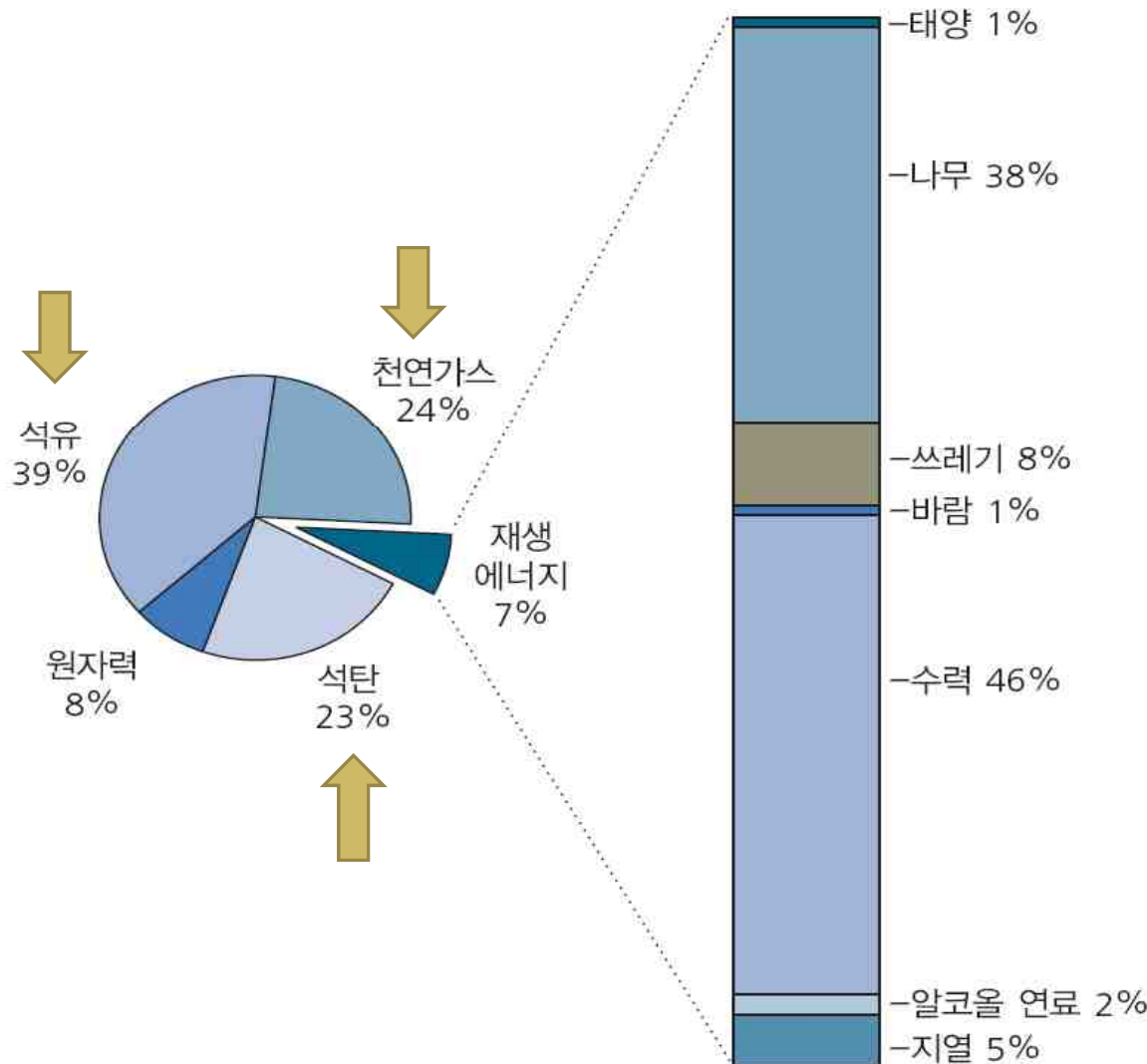
- 원유 : 수천 개의 탄화수소 혼합물

- 석탄 : 복잡한 탄화수소의 화합물

- 연료란 무엇인가?
- 연료가 어떻게 에너지를 생성하는가?
- 탄화수소들의 주요 종류들은 무엇인가?
- 탄화수소들에서 가능한 이성질체들의 유형은 무엇이고, 왜 중요한가?
- 석유가 어떻게 정제되는가?
- 메탄올과 에탄올이 왜 대체 연료로 주목을 받고 있는가?

# 6.1 연료에서 얻은 에너지

전체 에너지에서 재생 가능 에너지 비율, 2000

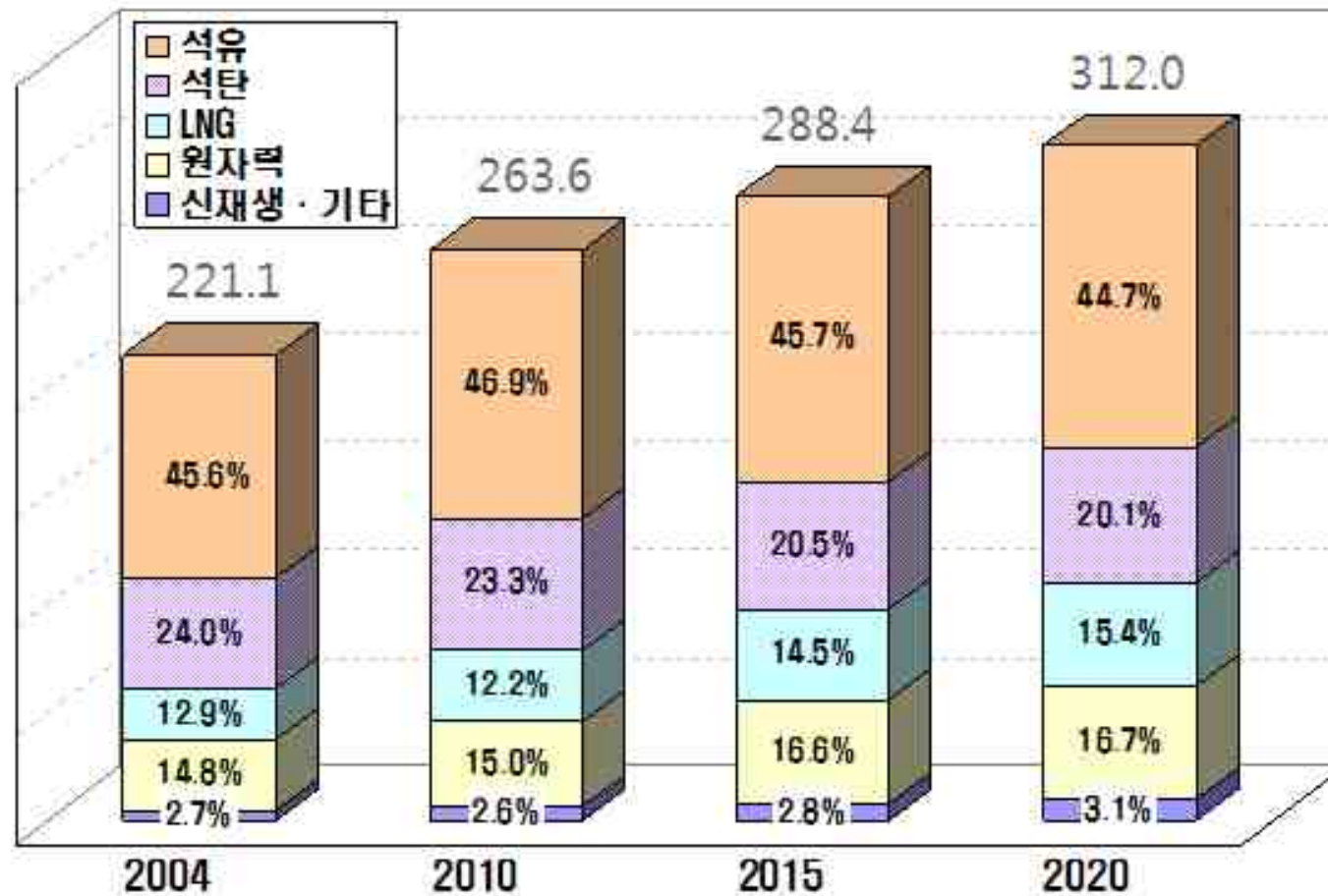


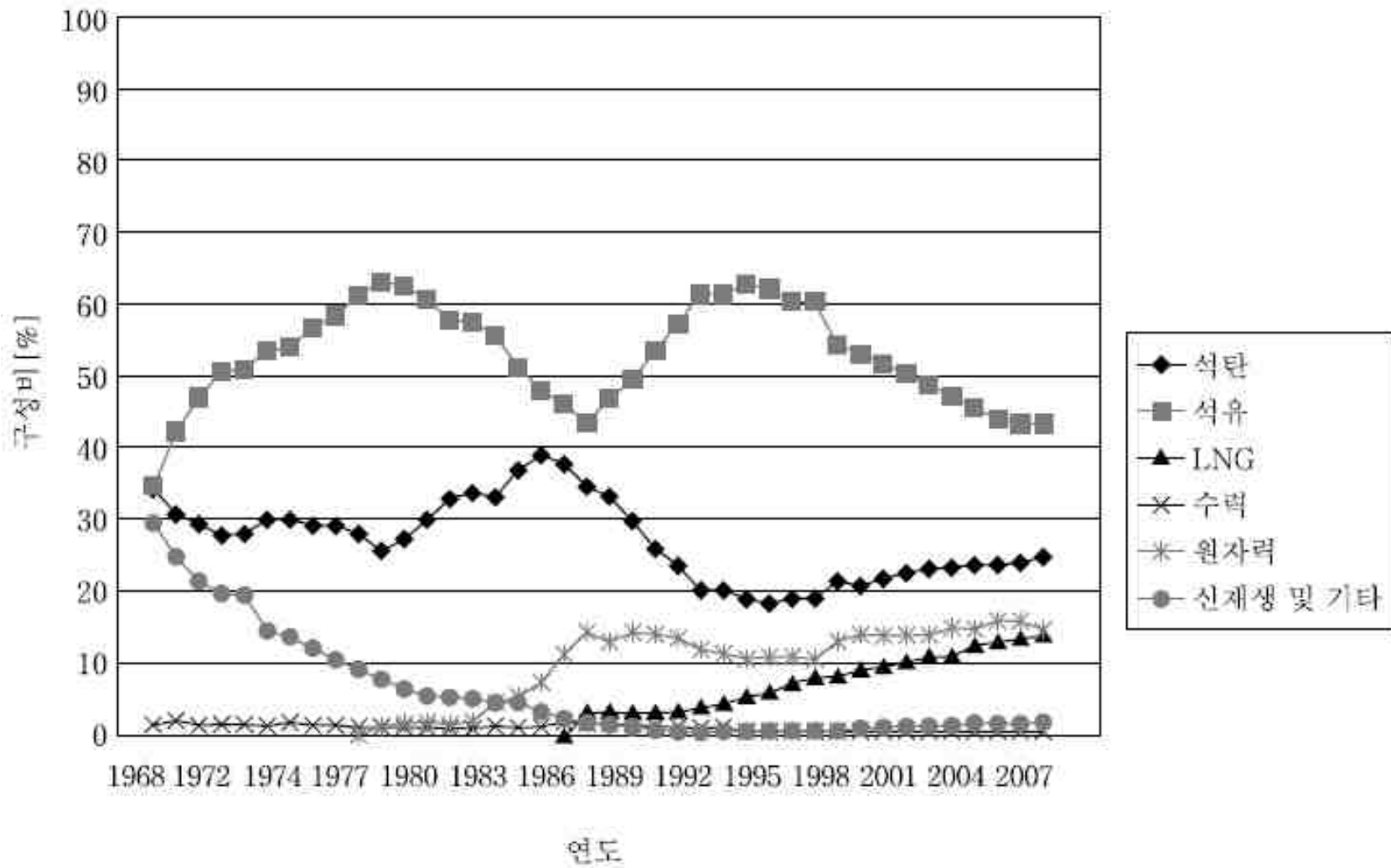
**그림 6.1** 2000년도 미국에서 사용된 에너지 자원들. 모든 것을 통합해 보면, 화석 연료들(석유, 천연가스, 석탄)이 연료의 86%를 담당하고 있다. 이것들은 재생 가능한 에너지 자원들이 아니다. 지구 내에 저장되어 있는 에너지 총량에 한계가 있다. 화석 연료 공급량이 감축됨에 따라, 재생 가능한 에너지 사용이 점점 더 중요하게 될 것이다. 식물, 바람, 흐르는 물, 지열, 태양으로부터 재생 가능한 에너지가 얻어진다.

## 세계 에너지 수요 전망

- 석유 비중 감소, 전력 · 가스 비중 증가

(단위: 백만TOE)





자료: 에너지통계연보, 2008. 에너지경제연구원

● **연료**: 산소 존재 하에서 용이하게 탈 수 있는 환원된 형태의 물질

● **연소**: 열을 발생시키는 산화 반응

● **화학 반응**: 반응물을 생성물로 변환

결합 깨짐 → 에너지 투입, 흡열 반응, + 로 표시

결합 형성 → 에너지 방출, 발열 반응, - 로 표시

● **연소열** (Heat of combustion) : 특정 연료가

태워질 때 방출되는 열.





표

6.1

평균 결합  
에너지 값

결합	에너지(kJ/mol)
C—H	416
O=O	498
C=O	803
O—H	467
C=C	356
H—H	436
C—O	336

**표 6.2** • 몇몇 흔한 연료들의 연소열 실험치

연료	연소열 (kJ/mol)	연소열 (kJ/g)
수소	-242	-121 
메테인 (천연가스)	-802	-50.1 
에테인	-1402	-47.6
프로페인	-2016	-45.8
가솔린(탄화수소 혼합물)	—	~-45
무연탄 (석탄)	—	-30.5 
에탄올	-1367	-29.7
메탄올 (가솔린 대체 고려연료)	-640	-20 
갈탄	—	-16
포도당	-2800	-15.5(광합성의 역반응)
나무	—	-10 to -14

- 수소가 1g당 가장 많은 열을 방출

- 모든 탄화수소는 1g당 대략적으로 유사한 열을 방출

## 6.2 석유

● 원유 (Crude Oil) : 수 천 개의 탄화수소 화합물의 혼합물

- 아주 오래 전에 살던 동물들이 죽은 뒤 그 위에 오랜 시간 동안 퇴적물이 쌓이고 높은 압력과 열을 받아 부패되면서 만들어졌다.

- 원산지에 따라 실제 조성이 다름

Pennsylvania 원유 : 주로 직선형 탄화수소

California 원유 : 방향족 탄화수소

- 1 barrel = 42 gallon = 158.97 L ( 1gallon = 3.785L)





# 석유 정제

● **분별 증류** (Fractional distillation) : 끓는점 구간의 차이를 이용한 성분 분리

: 원유를 파이프 증류기에서 400도까지 가열 → 분별 증류탑으로 이송

→ 원유 증기가 상승 시 종-모양의 캡 (Bell cap)에서 응축되어 수집 (그림6.2)

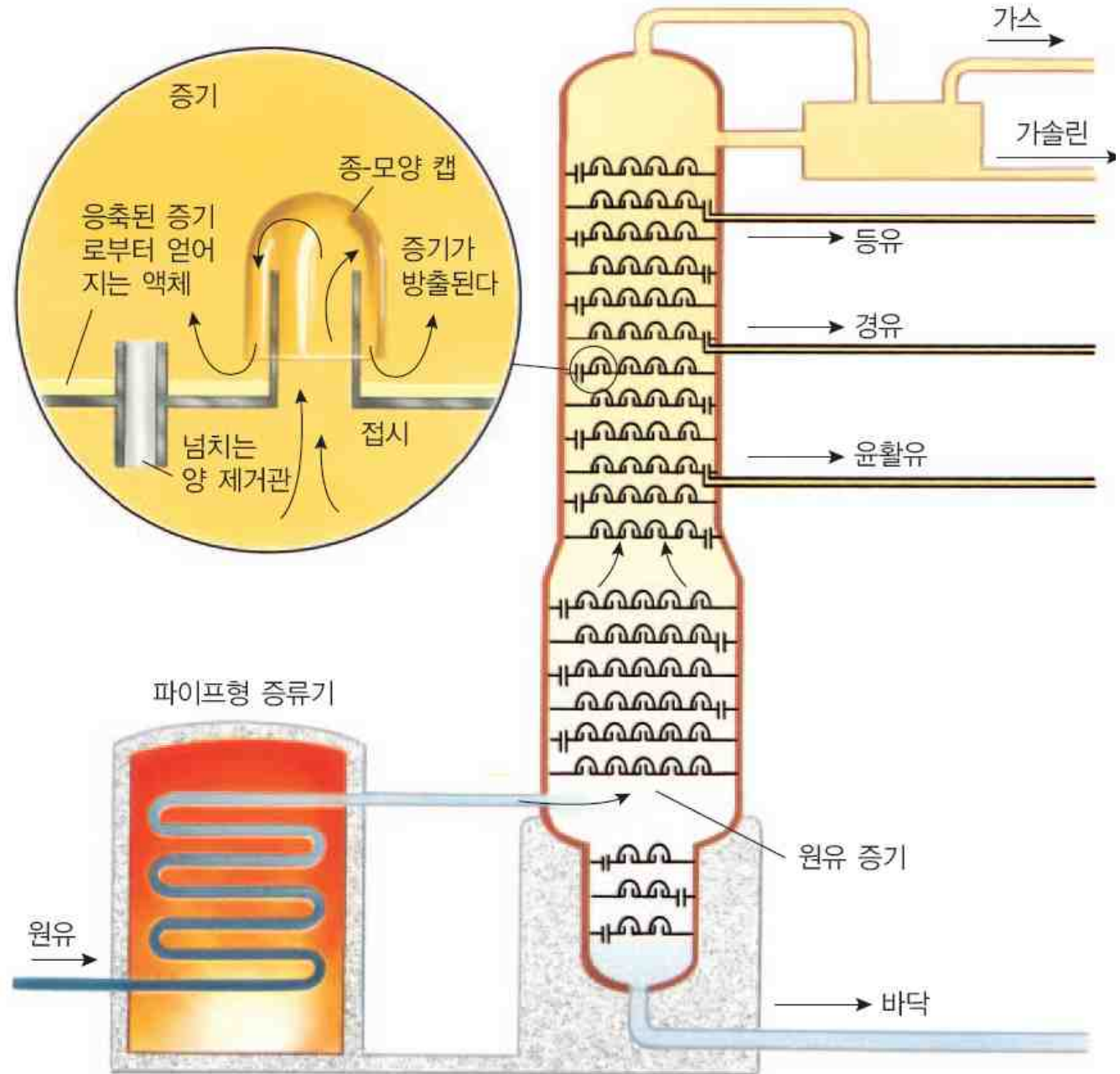
● **석유 분획** (Petroleum fraction)

: 석유의 분별 증류로 얻어지는 특정 범위의 끓는점을 가진 수백개의 탄화수소 혼합물

표 6.3 원유에서 얻어지는 탄화수소 분획

분획	분자 크기 범위	끓는점 범위 (°C)	용도
기체	C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>	0~30	기체 연료
가솔린	C <sub>5</sub> -C <sub>12</sub>	30~200	자동차 연료
등유	C <sub>12</sub> -C <sub>16</sub>	180~300	제트기 연료, 디젤 오일
경유	C <sub>16</sub> -C <sub>18</sub>	300 이상	디젤 연료, 열분해 원료
윤활유	C <sub>18</sub> -C <sub>20</sub>	300 이상	윤활유, 열분해 원료
파라핀 왁스	C <sub>20</sub> -C <sub>40</sub>	용융점 낮은 고체	초(candle), 왁스 종이
아스팔트	C <sub>40</sub> 초과	끈끈한 잔류물	길거리 아스팔트, 지붕 타르

**그림 6.2 석유 정제.** 원유가 파이프 증류기에서 400°C까지 가열된다. 증기들이 분별 증류탑으로 들어가 탑 내에서 올라갈 때, 이것들이 냉각되어 다른 분획들이 다른 높이에서 빼내진다. 상승하는 증기가 어떻게 수많은 종-모양의 캡(bell cap)에서 반복적으로 응축되어 수집되는지를 이 그림이 보여준다.



**분별 증류** 혼합물을 끓는점이 다른 분획들로 분리하는 것.

**석유 분획** 석유의 분별 증류로 얻어지는 특정 범위의 끓는점을 가진 수 백 개의 탄화수소 혼합물.

# 촉매 분해

## ● 촉매 분해 (Catalytic Cracking)

- 석유 정제 공정의 일부분은 각 탄화수소 분획을 상업적 목적에 맞게 조절

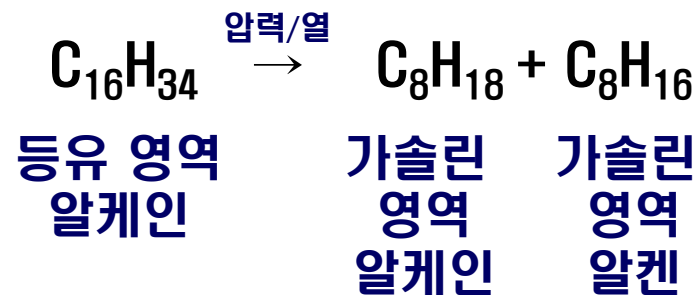
ex) 등유보다 가솔린의 수요가 더 크다

- 화학반응들이 “열분해” 공정을 통하여 등유가 많이 포함된 분획을 가솔린

영역의 분자들로 변화

: 촉매 분해 공정은 공기가 없는 조건하에서 제올라이트를 촉매로 이용하여

포화탄화수소를 가열



## 6.3 천연가스

● 천연가스: 지각 내 석유에 붙잡혀 있는 기체들의 혼합물

- 가스들이 암반을 통하여 들어가 있던 유정(oil well)이나 가스정(gas well)으로부터 회수 가능

● 천연가스의 구성

- 천연가스는 C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>알케인 혼합물

(메테인, CH<sub>4</sub> 60~90%, 에테인 5~9%, 프로페인 3~18%, 부테인 1~2%)로 구성

그밖에 CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, 불활성 기체도 함유

● 천연 가스의 사용 : 차량의 연료로 사용

- 장점 : 최소량의 일산화탄소, 탄화수소를 방출, 낮은 가격.
- 단점 : 실린더 모양의 고압용 가스 탱크 필요, 충전소 부족.

## 6.4 석탄

### ● 석탄: 세계 화석 연료 매장량의 91% 차지

- 약 85% 질량 백분율의 탄소를 함유한 높은 분자량의 탄화수소 복합물
- 석유와는 대조적으로 탄소 접합고리(fused rings)을 더 많이 포함  
[복잡한 유기물 구조]
- 비교적 적은 양의 황을 함유 (공기오염과 산성비에 원인)

### ● 석탄의 사용

: 석탄의 약 88%는 태워져 전기를 생산하고

1%만이 가정용 및 산업용 난방에 사용

- 장점 : 단순한 가공 공정 및 낮은 가격
- 단점 : 공기오염의 주원인, 부피가 큼, 채굴의 위험 및 노천광의 환경 오염

● **석탄의 매장량 : 10,010억 톤**  
 - **최소한 200년 이상 사용가능**

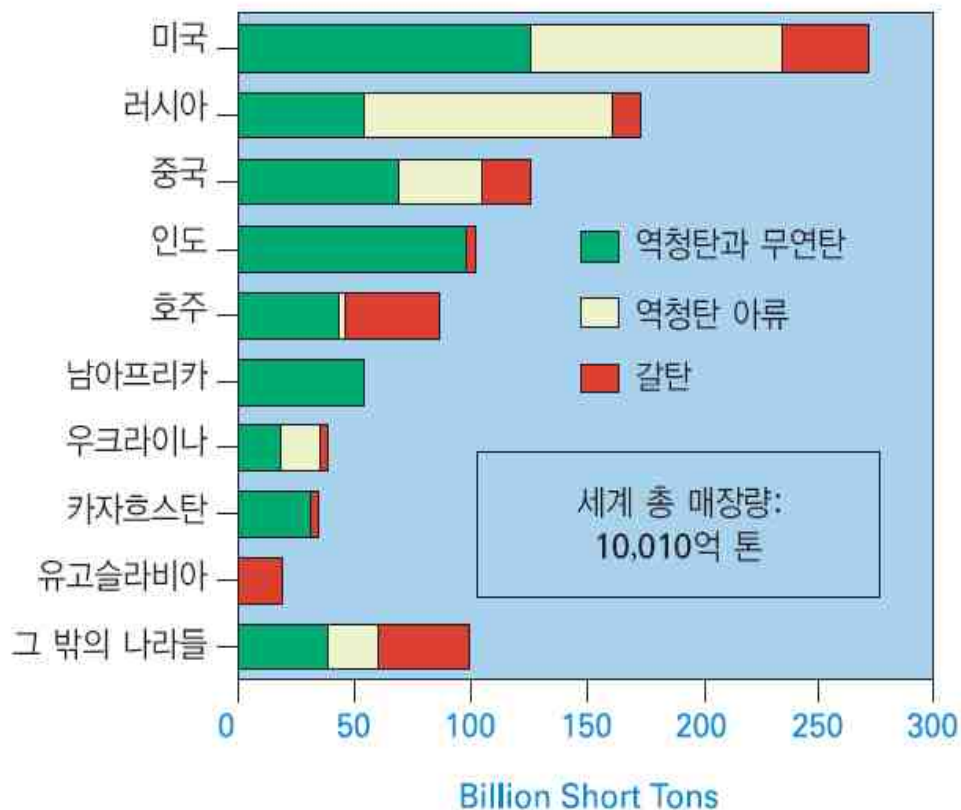


그림 6.3a 세계의 사용 가능한 석탄 매장량.

● **세계 석탄 소비량**  
 : 석유 및 천연가스가 고갈되어  
**석탄 소비량 증가 추정**

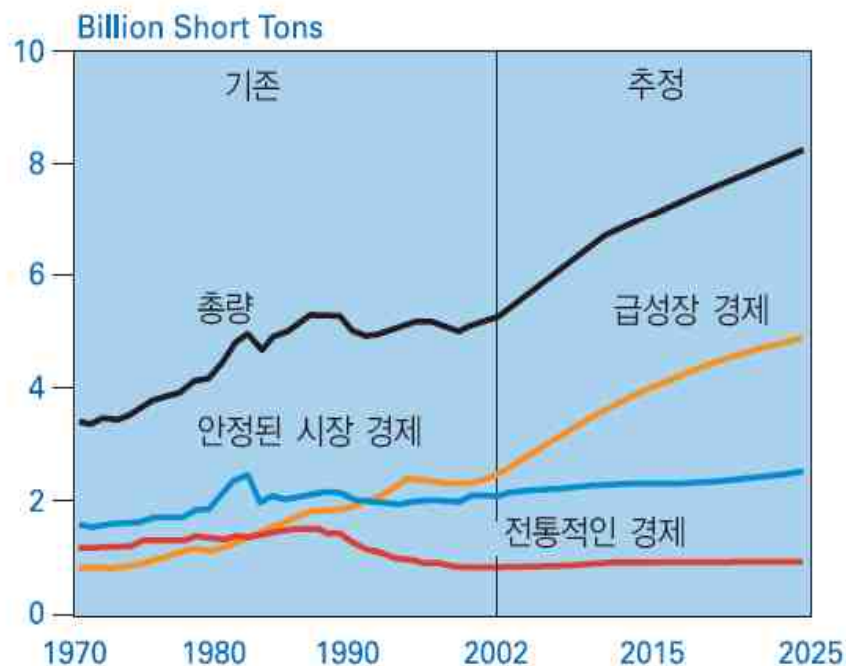


그림 6.3b 1970~2025년 구역별 세계 석탄 소비량.

## 6.5 연료로서의 메탄올(CH<sub>3</sub>OH)

### ● 메탄올이 가솔린의 대체로 고려

- 장점 : 일산화 탄소, 미 반응 탄화수소, 질소 산화물, 오존층의 오염물질의 농도 감소.
- 단점 : 발암성 포름알데하이드(formaldehyde, CH<sub>2</sub>O)가 더 많이 배출.

메탄올이 금속을 부식시키는 경향.

### ● 촉매를 사용하여 메탄올을 이용한 가솔린을 생산

: Mobil Oil Company는 메탄올 → 가솔린 변환 공정 개발 (현, 가격 경쟁력 부족)

## 확인문제 6A

1. g 당 가장 많은 열에너지를 내놓는 화석 연료는? (a) 석탄 (b) 석유 (c) 천연가스
2. g 당 가장 많은 열에너지를 내놓는 연료는? (a) 천연가스 (b) 수소 (c) 석탄
3. “모든 화석 연료의 연소는 에너지를 방출한다.” (a) 참 (b) 거짓
4. 탄화수소는 연소시 산소(O<sub>2</sub>) 와 반응하여 CO<sub>2</sub>와 물(H<sub>2</sub>O) 를 생성한다.
5. 석유 분획들은 분별증류 방법으로 분리된다.
6. 천연 가스의 으뜸 성분은 메테인(CH<sub>4</sub>) 이다.

### 5.1장



(메테인의 연소에서 탄소는 산화되어 이산화 탄소가 된다)



## 6.6 탄화 수소의 종류

### ● 탄화 수소의 종류

- 1) 알케인 (Alkane) : 탄소-탄소 단일 결합을 함유  $C_nH_{2n+2}$
- 2) 알켄 (Alkene) : 탄소-탄소 이중결합을 함유  $C_nH_{2n}$
- 3) 알카인 (Alkyne) : 탄소-탄소 삼중결합을 함유  $C_nH_{2n-2}$
- 4) 방향족(Aromatic) 화합물 : 벤젠, 벤젠 유도체, 접합 고리 등으로 구성

	$C_nH_{2n+2}$		$C_nH_{2n}$		$C_nH_{2n-2}$	
1	CH <sub>4</sub>	methane	-	-	-	-
2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	ethane	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	ethene	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	ethyne
3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	propane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	propene	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	propyne

# 알케인 (Alkane) : 유기화학의 척추

- 알케인 : 탄소-탄소 단일 결합을 함유

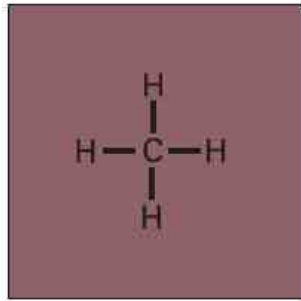
- 가장 단순한 알케인은 천연가스의 주성분인 메테인 (CH<sub>4</sub>)

- 일반식 : C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>

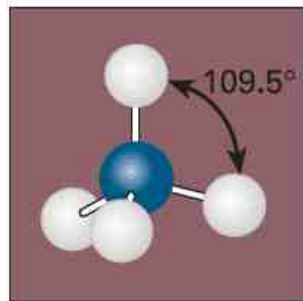
- 명명 : ~ 에인 (~ane) / ~탄

탄소 수	화학식	대한화학회 명명법	대한민국 표준어외 래어 표기법	로마자 표기
1	CH <sub>4</sub>	메테인	메탄	methane
2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	에테인	에탄	ethane
3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	프로페인	프로판	propane
4	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	<i>n</i> -뷰테인	부탄	butane
5	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	<i>n</i> -펜테인	펜탄	pentane
6	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	<i>n</i> -헥세인	헥산	hexane
7	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	<i>n</i> -헵테인	헵탄	heptane
8	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	<i>n</i> -옥테인	옥탄	octane
9	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	<i>n</i> -노테인	노난	nonane
10	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	<i>n</i> -데테인	데칸	decane

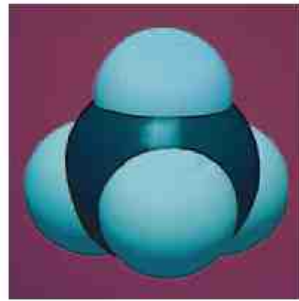
## ● 메테인, 에테인, 프로페인의 구조 표시



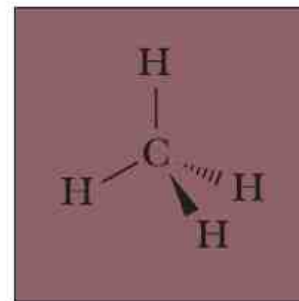
(a)



(b) 정사면체

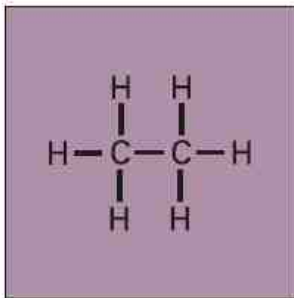


(c)

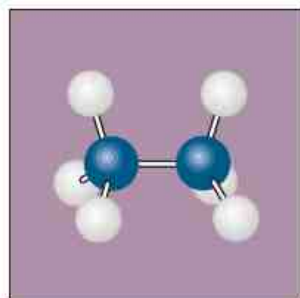


(d)

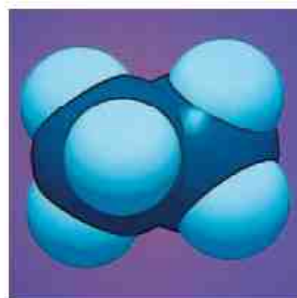
**그림 6.4** 메테인 구조 표시. (a) 구조식, (b) 공-막대 모형, (c) 공간-채움 모형, (d) 뺨기-대시 모형.



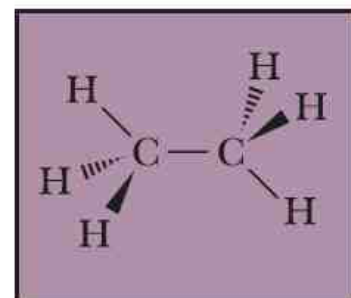
(a)



(b)

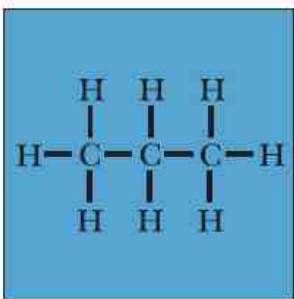


(c)

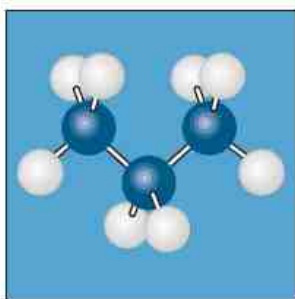


(d)

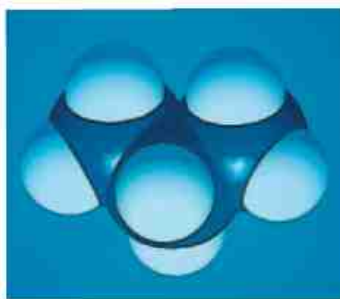
**그림 6.5** 에테인 구조 표시. (a) 구조식, (b) 공-막대 모형, (c) 공간-채움 모형, (d) 뺨기-대시 모형.



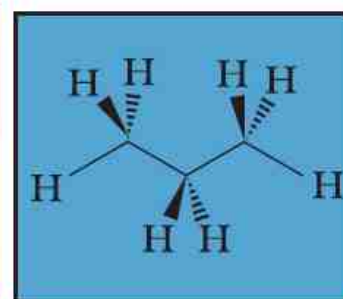
(a)



(b)



(c)



(d)

**그림 6.6** 프로페인 구조 표시. (a) 구조식, (b) 공-막대 모형, (c) 공간-채움 모형, (d) 뺨기-대시 모형.

# 알케인의 곧은(straight)사슬과 가지(Branched)사슬 이성질체들

- $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ 는 오직 한 개의 구조배열을 갖는다.

- $\text{C}_4\text{H}_{10}$ 는 두개의 구조 배열 가능.

→ **이성질체 (Isomers)**: 분자식은 똑같지만 원자배열이 다른 두 개 이상의 화합물.

**구조 이성질체 : 원자들의 결합순서가 다른 이성질체**

1) 곧은 사슬 이성질체 : 곁가지가 없는 탄화수소들의 구조 이성질체

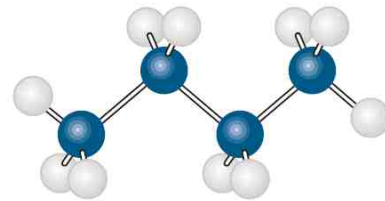
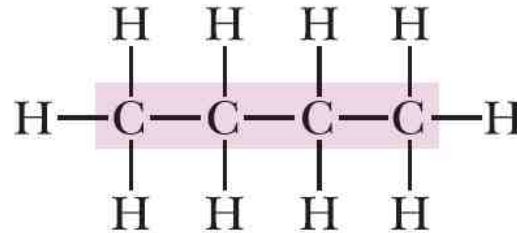
2) 가지 사슬 이성질체 : 곁가지에 C-C결합들을 가진 탄화수소들의 구조 이성질체

$C_4H_{10}$   
구조이성질체 :

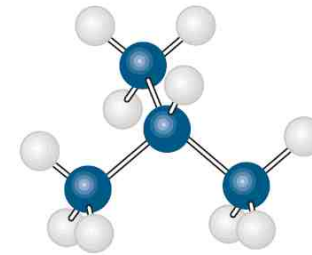
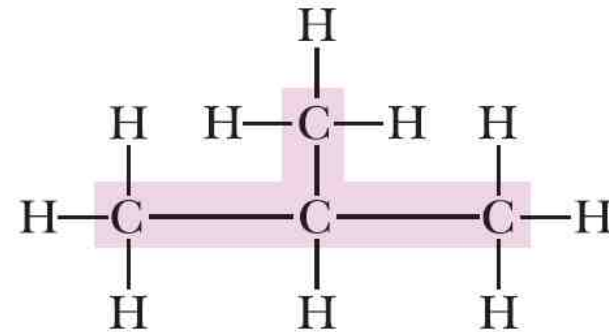
곧은 가지 구조 이성질체

가지 사슬 구조 이성질체

구조식



뷰테인



메틸프로페인  
(아이소뷰테인)

구조 이성질체에  
따른 물리적 특성

축소형 구조식	$CH_3CH_2CH_2CH_3$ 뷰테인	$  \begin{array}{c}  CH_3 \\    \\  CH_3CHCH_3  \end{array}  $ 메틸프로페인 (아이소뷰테인)
녹는점	-138.3°C	-160°C
끓는점 (1 기압)	0.5°C	-12°C
밀도 (20 °C)	0.579 g/mL	0.557 g/mL

● 알킬기(alkyl group). 알케인에서 수소원자 하나가 제거된 구조

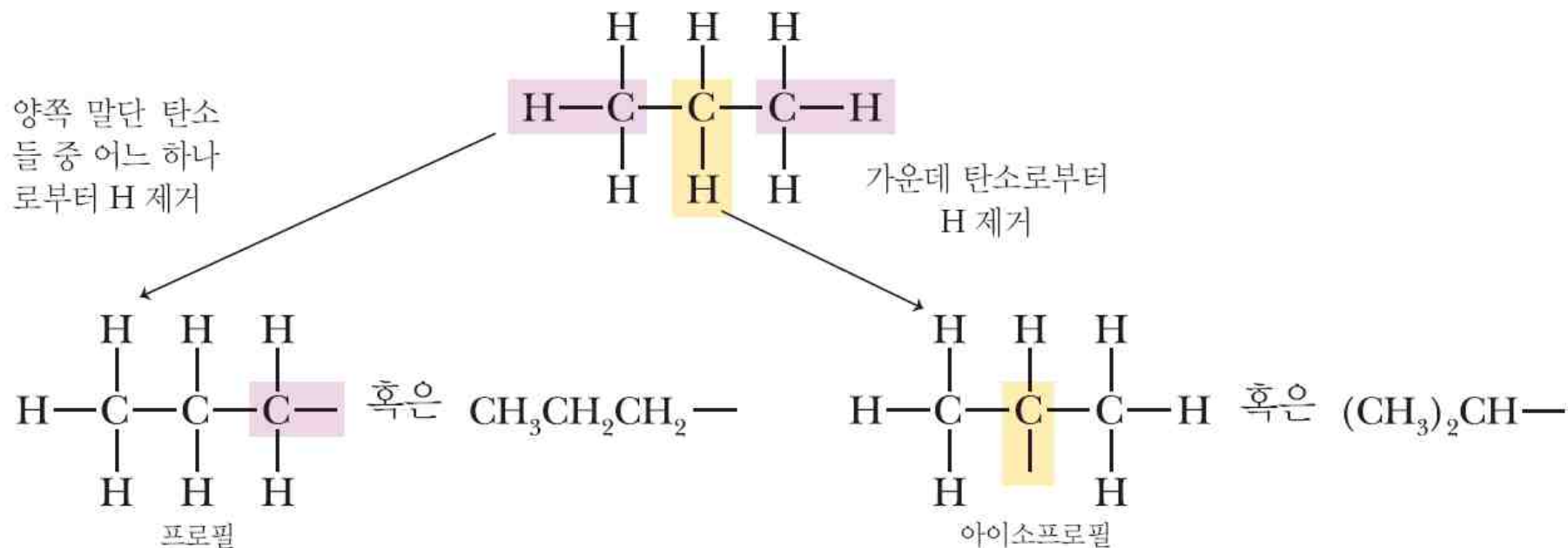
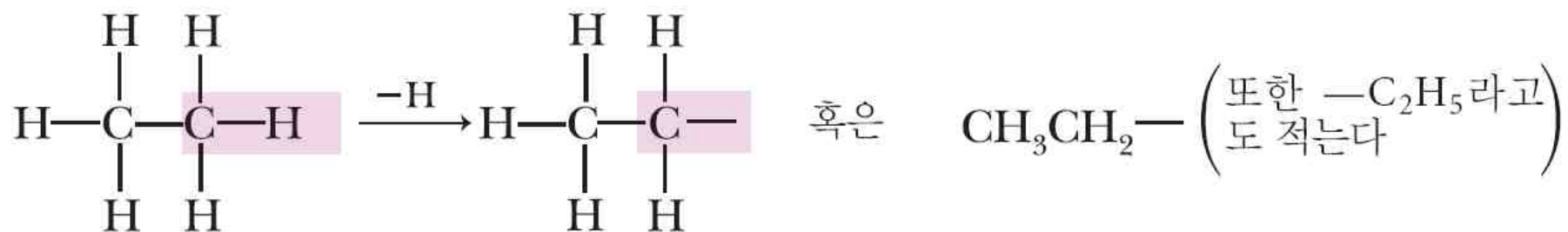
- 명명 : 알케인(alkane) 이름에서 “-ane”을 떼고 “-yl”를 붙임

ex) 메테인 → 메틸, 에테인 → 에틸...

표 6.4 몇몇 흔한 알킬기

이름	축소형 구조 표시
메틸	$\text{CH}_3\text{—}$
에틸	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{—}$ 또는 $\text{C}_2\text{H}_5\text{—}$
프로필	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—}$ 또는 $\text{C}_3\text{H}_7\text{—}$
아이소프로필	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH} \text{—} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 또는 $(\text{CH}_3)_2\text{CH—}$
뷰틸	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—}$ 또는 $\text{C}_4\text{H}_9\text{—}$
<i>t</i> -뷰틸*	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{C} \text{—} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 또는 $(\text{CH}_3)_3\text{C—}$

\* *t*는 3차(tertiary)를 뜻하며, 때때로 *tert*라는 약자로 표시된다. 이것은 중앙 탄소 원자가 세 개의 다른 탄소 원자에 결합되어 있다는 것을 의미한다.



## 6.7 알켄(Alkene)과 알카인(Alkyne) : 알케인의 활성 높은 사촌형제들

● **알켄(alkene)** : 한 개 이상의 이중 결합을 함유한 탄화수소

: 석유는 알켄들을 함유. 가솔린에 알켄이 존재하면 옥탄가가 높다.

- 명명 : “-ene” 를 붙임

ex) 에텐 (ethene)은 알켄의 가장 간단한 구성.

관용명 에틸렌 (ethylene)으로 알려있다.

- 알켄의 일반식 :  $C_nH_{2n}$  ( $n>1$ )

1)  $n=2$  일 경우 에텐

~ 폴리에틸렌(polyethylene)의 형태로 plastic생산

~ 묘목 성장 제어 및 열매 숙성 호르몬

2)  $n=3$  일 경우 프로펜

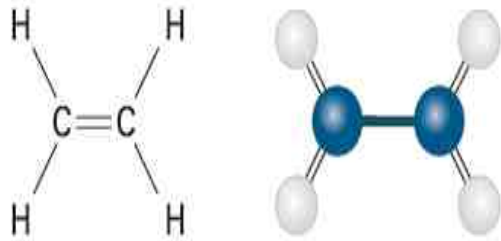
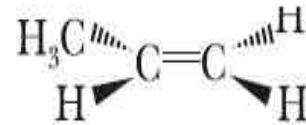
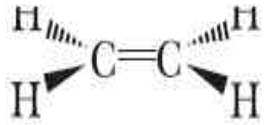
~ 폴리프로필렌(Polypropylene)의 형태로

plastic생산

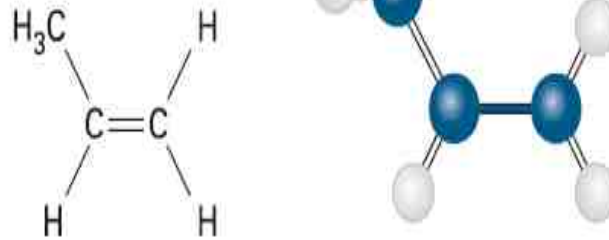


녹색 토마토들. 시장으로 가는 도중에 토마토들을 에틸렌 가스에 노출시켜 숙성시킬 수 있다.





에텐  
(a)

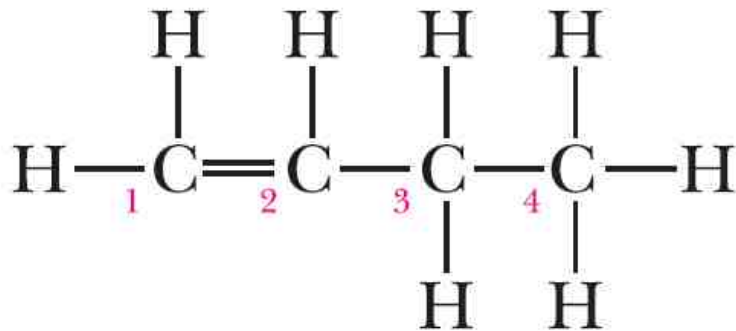


프로펜  
(b)

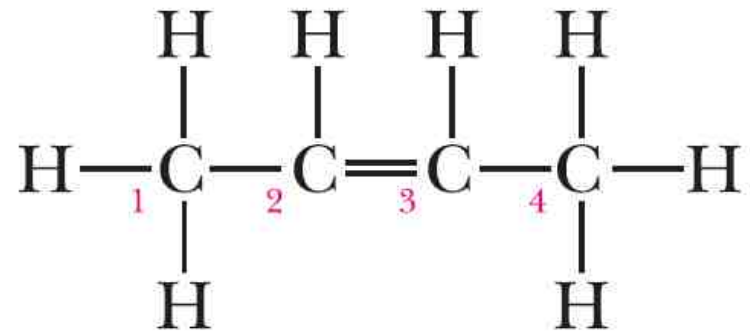
**그림 6.8** 가장 작은 두 개의 알켄: 흔히 에틸렌으로 알려진 에텐과 프로필렌으로 알려진 프로펜. 탄소-탄소 이중 결합 주위의 평면형 원자 배열을 주목하라.

## 알켄(alkene)의 구조 이성질체

- 알켄계에서 두 개의 다른 탄소 사이에 이중 결합이 위치하게 되면 이성질체가 추가적으로 발생함
- 에텐과 프로펜에서는 단 하나의 이중 결합 위치만 가능 하지만 뷰텐에서는 2개의 이중 결합 위치가 존재

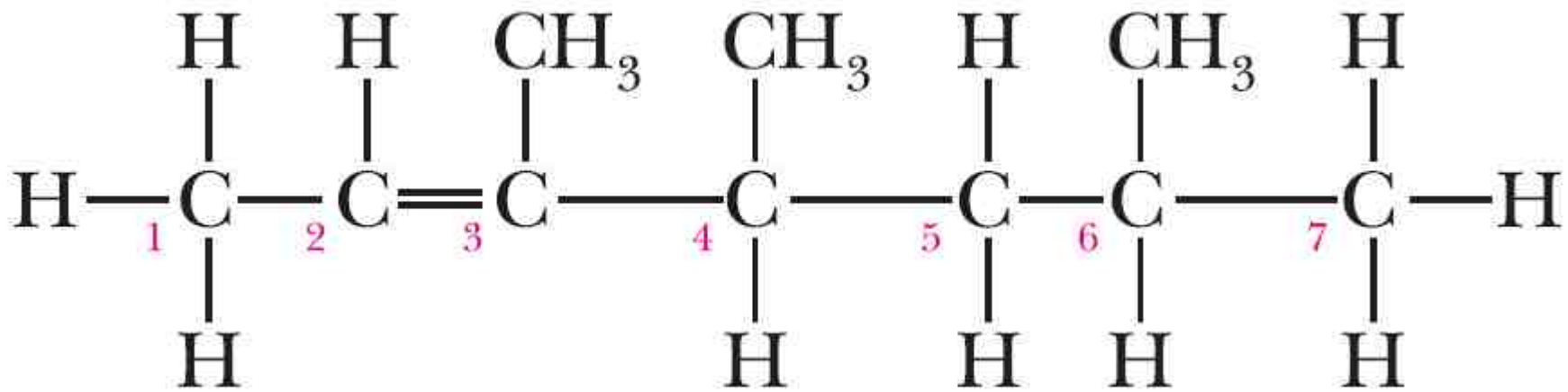


1-뷰텐



2-뷰텐

이중결합에 가장 낮은 번호가 주어지도록  
번호 매긴다



이중결합에 가장 낮은 번호가 주어지도록 번호 매긴다

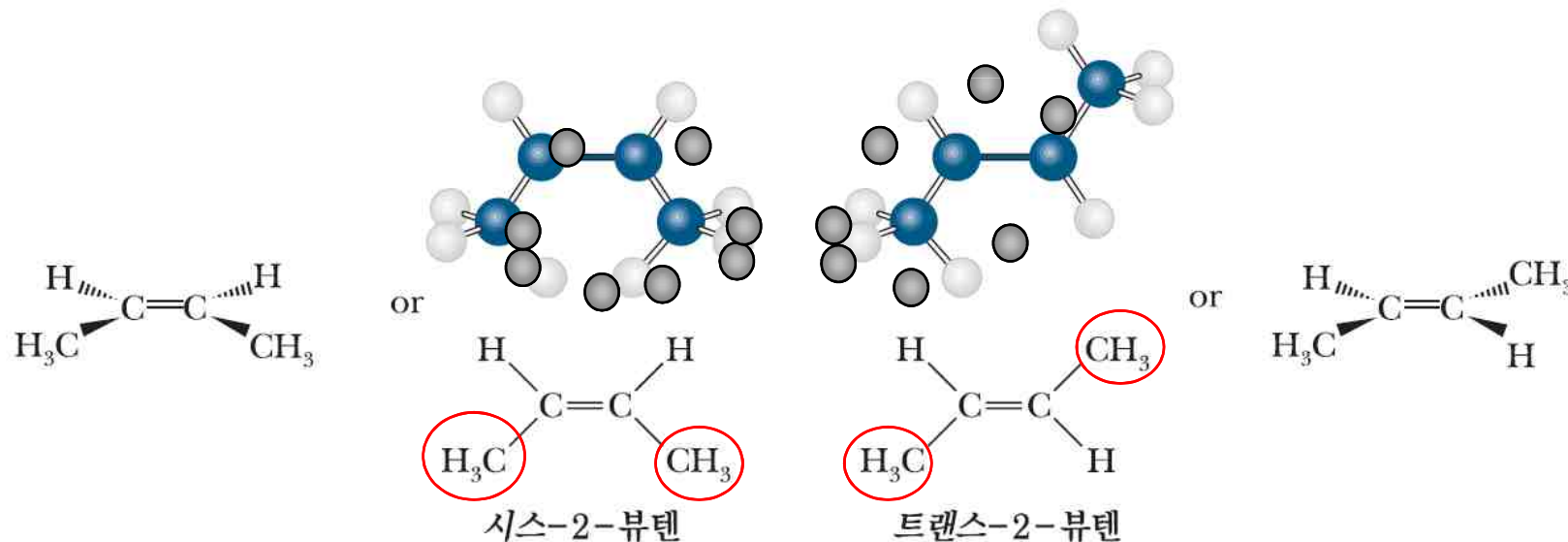
3,4,6-트라이메틸-2-헵텐

# 입체 이성질 현상: 알켄의 시스와 트랜스 이성질체

● 알켄의 **입체 이성질체** 현상 : **입체 이성질체**들은 똑같은 분자식과 똑같은 원자 대 원자 결합 서열을 갖고 있지만, 원자들이 다른 공간 배열을 가짐.

- **시스 (cis)** 이성질체 : 탄소-탄소 이중 결합의 같은 쪽에 작용기를 가짐

- **트랜스 (trans)** 이성질체 : 탄소-탄소 이중 결합 반대쪽에 작용기를 가짐



녹는점	-138.9°C	-105.5°C
끓는점 (1 기압)	3.7°C	0.9°C
밀도 (20 °C)	0.621 g/mL	0.604 g/mL

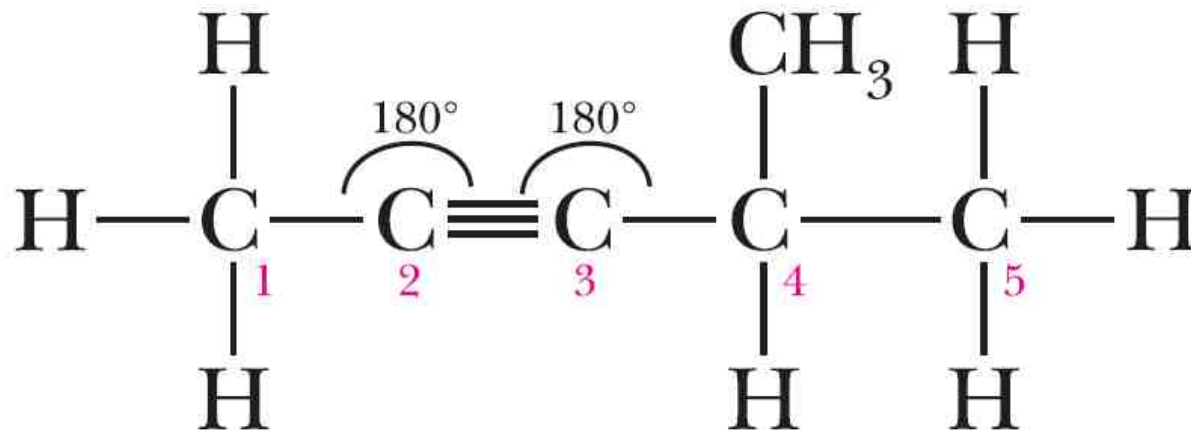
알카인(alkyne): 분자당 1개 이상의 삼중 결합  $\text{—C}\equiv\text{C—}$  을 가짐

- 일반식 :  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

- 가장 단순한 알카인은 에타인(ethyne)이며 아세틸렌이라 불린다

- 삼중 결합 주위의 180도의 결합각들이 분자의 부분을 직선형이 되게 한다

- 알켄의 경우와 마찬가지로 다중결합의 위치 변경에 따라 이성질체가 만들어  
질 수 있다.



확인문제 6B

1. 포화 탄화수소 내 각 탄소는 정사면체 기하 구조를 갖고 있다.
2. 에텐 는 알켄 계열 화합물의 첫 번째 구성원이다. ethene
3. 에타인 는 알카인 계열 화합물의 첫 번째 구성원이다. ethyne
4. 에틸기의 화학식은  $-C_2H_5$  이다.
5. 뷰테인과 2-메틸프로페인 은 구조 이성질체들의 한 예이다.
- ~~6.~~ 미국에서 가장 많이 생산되는 유기 화학 물질은 에텐 이다.
7. 탄소-탄소 이중 결합 경직성은 시스, 트랜스 이성질체들을 가능하게 한다.

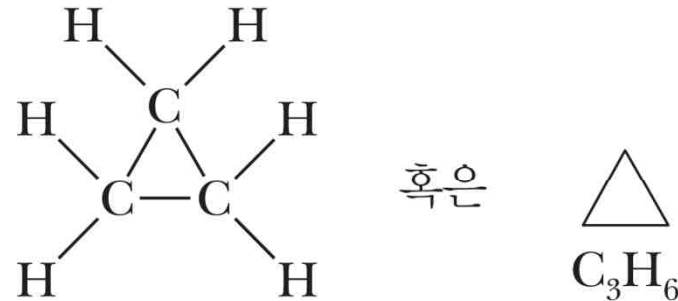
## 6.8 고리 (cyclic) 탄화수소

고리 탄화 수소 : 탄화 수소는 사슬구조 뿐 아니라, 고리를 형성 가능

: 사이클로알케인 (cycloalkane)과 방향족 (aromatics)화합물

1. 사이클로알케인 (cycloalkane): 고리 구조의 포화 탄화수소

- 흔히 정다각형으로 표시,
- 선은 C-C결합
- C-H결합은 표시하지 않음



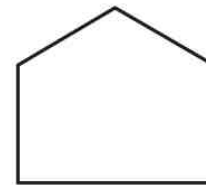
ex) 사이클로뷰테인 ( $C_4H_8$ )

사이클로 펜테인 ( $C_5H_{10}$ )

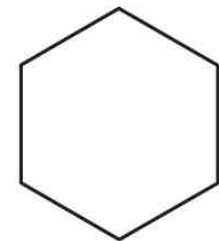
사이클로 헥세인 ( $C_6H_{12}$ )



사이클로뷰테인



사이클로펜테인



사이클로헥세인

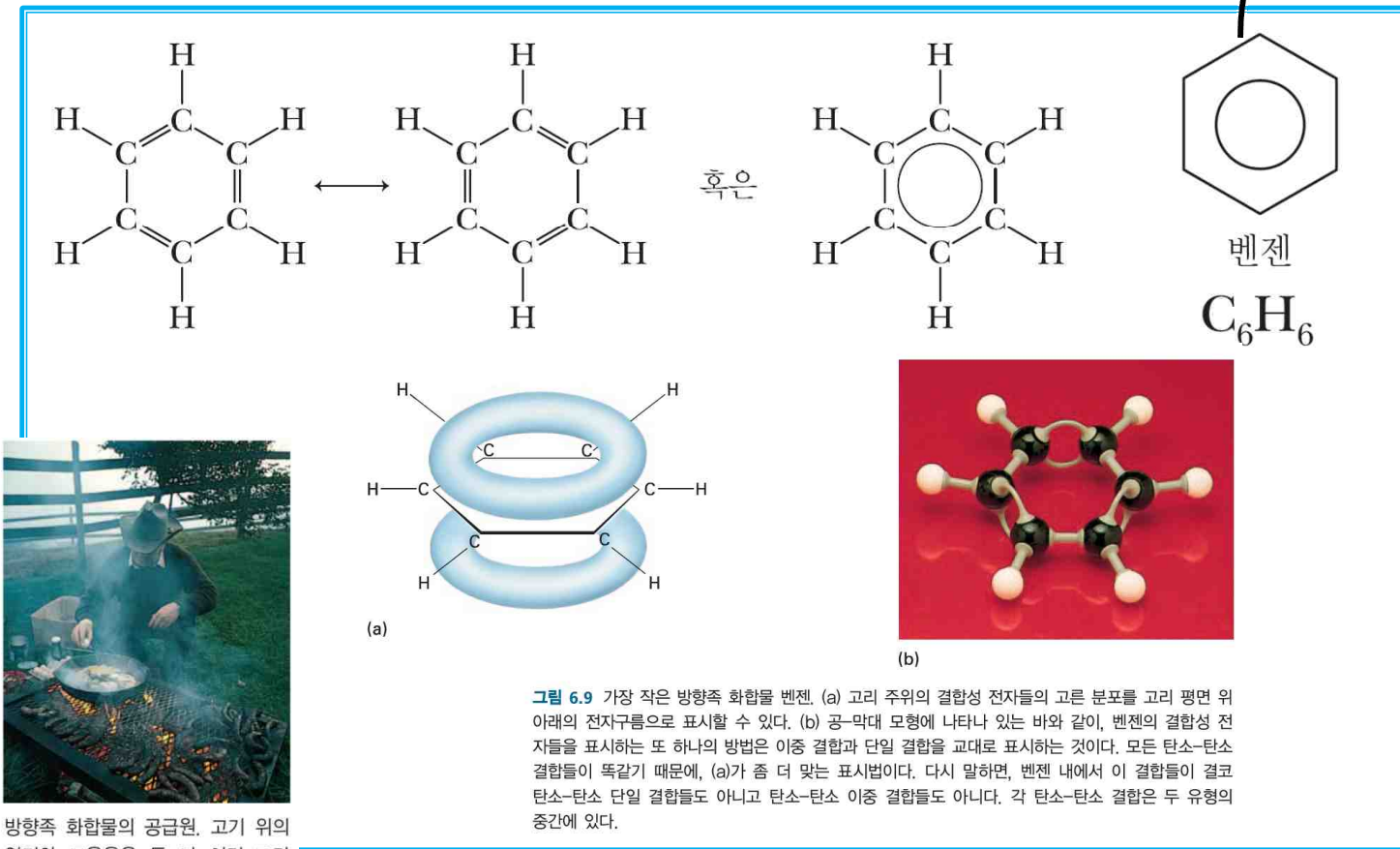
## 2 방향족 (aromatics) 화합물

: 한 개 이상의 벤젠 고리를 포함한 탄화수소

- 방향족 (aromatic) : 강하고 특유의 냄새, 유독하며 종종 발암성을 보임

- 벤젠의 구조식

차이점 (수소갯수 ^^)



방향족 화합물의 공급원. 고기 위의 연기와 그을음은 둘 다 여러-고리 (polycyclic) 방향족 화합물을 함유하고 있다.

**그림 6.9** 가장 작은 방향족 화합물 벤젠. (a) 고리 주위의 결합성 전자들의 고른 분포를 고리 평면 위 아래의 전자구름으로 표시할 수 있다. (b) 공-막대 모형에 나타나 있는 바와 같이, 벤젠의 결합성 전자들을 표시하는 또 하나의 방법은 이중 결합과 단일 결합을 교대로 표시하는 것이다. 모든 탄소-탄소 결합들이 똑같기 때문에, (a)가 좀 더 맞는 표시법이다. 다시 말하면, 벤젠 내에서 이 결합들이 결코 탄소-탄소 단일 결합들도 아니고 탄소-탄소 이중 결합들도 아니다. 각 탄소-탄소 결합은 두 유형의 중간에 있다.

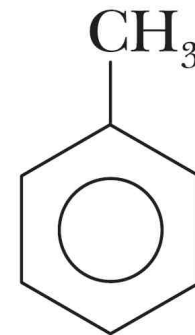


## ● 벤젠 유도체

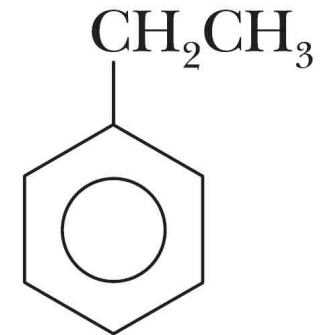
- 벤젠구조하에서 수소원자 중 하나가 원자나 다른 작용기로 친환된 벤젠 화합물

ex) 메틸벤젠 (톨루엔) : 메틸기와 치환

에틸벤젠 : 에틸기로 치환



메틸벤젠



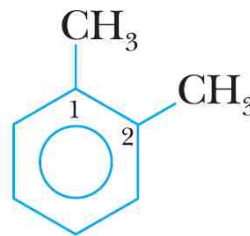
에틸벤젠

## ● 방향족 화합물의 구조 이성질체

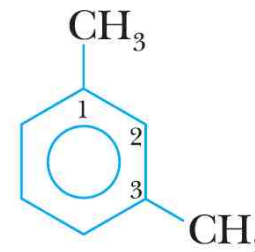
- 벤젠 고리위의 수소원자들 중 두개 이상이 작용기로 치환시

이성질체 가능

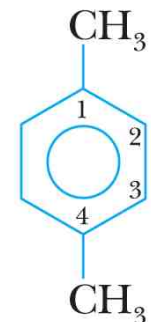
ex) ortho-, meta-, para-



1,2-다이메틸벤젠  
(오쏘-자일렌)  
녹는점  $-25^{\circ}\text{C}$



1,3-다이메틸벤젠  
(메타-자일렌)  
녹는점  $-47.9^{\circ}\text{C}$



1,4-다이메틸벤젠  
(파라-자일렌)  
녹는점  $13.3^{\circ}\text{C}$

(The xylenes are used in making dyes, insecticides, and drugs)

## 6.9. 알코올

● 알코올 R-OH 형태를 나타내며 R은 알킬기를 표시

● 메탄올 (CH<sub>3</sub>OH) : 유독성

- 합성 가스로 알려진 CO와 H<sub>2</sub> 혼합물로 합성

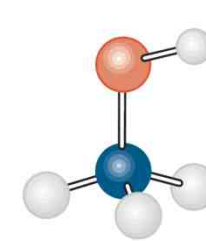
- 고온, 고압 및 촉매가 이용되어 수율 증가

- 활엽수 가열에 의해 생성 가능 유독성

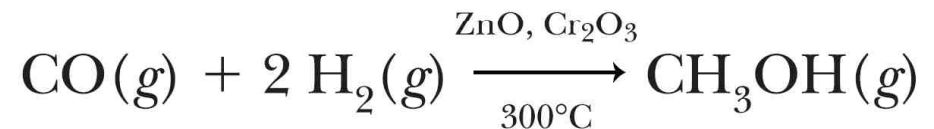
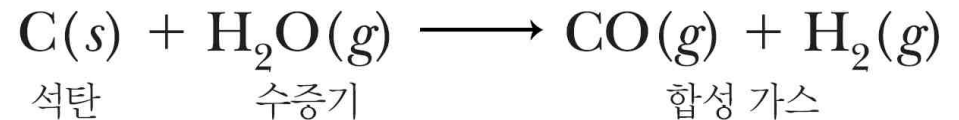
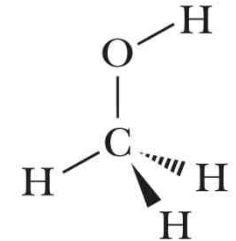
● 에탄올 (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)

- 에틸알코올로 탄수화물의 발효로 얻을 수 있음

- 대체 연료와 산소-주입 연료의 첨가제로 주목



Methanol, CH<sub>3</sub>OH





Gasoline 95. 가솔린과 에탄올의 혼합물로부터 제조된 가솔린 확장물.



에탄올 표시판을 갖고 있는 무연휘발유(납-미함유, unleaded) 펌프

확인문제 6C

1. 사이틀로헥세인과 벤젠의 차이점은 수소 원자 개수이다.

~~2.~~ 합성 가스는 \_\_\_\_\_ 와 \_\_\_\_\_ 의 혼합물이다.

~~3.~~ 트라이클로로벤젠에 대해서 \_\_\_\_\_ 개의 구조 이성질체들이 가능하다.

~~4.~~ 다이메틸벤젠에 대해서 \_\_\_\_\_ 개의 구조 이성질체들이 가능하다.

5. 탄수화물 발효로 생성되는 것은 (a) 에탄올 혹은 (b) 메탄올이다.

~~6.~~ 에테르는 \_\_\_\_\_ 연결 결합을 함유한 화합물이다.