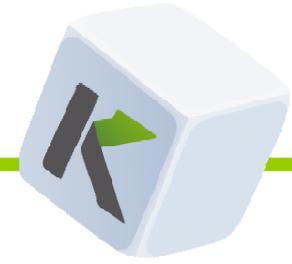


# 국내외 경유 대체 바이오에너지의 기술 개발 연구현황 분석

2012. 1

김 재 곤  
(jkkim@kpetro.or.kr)

---



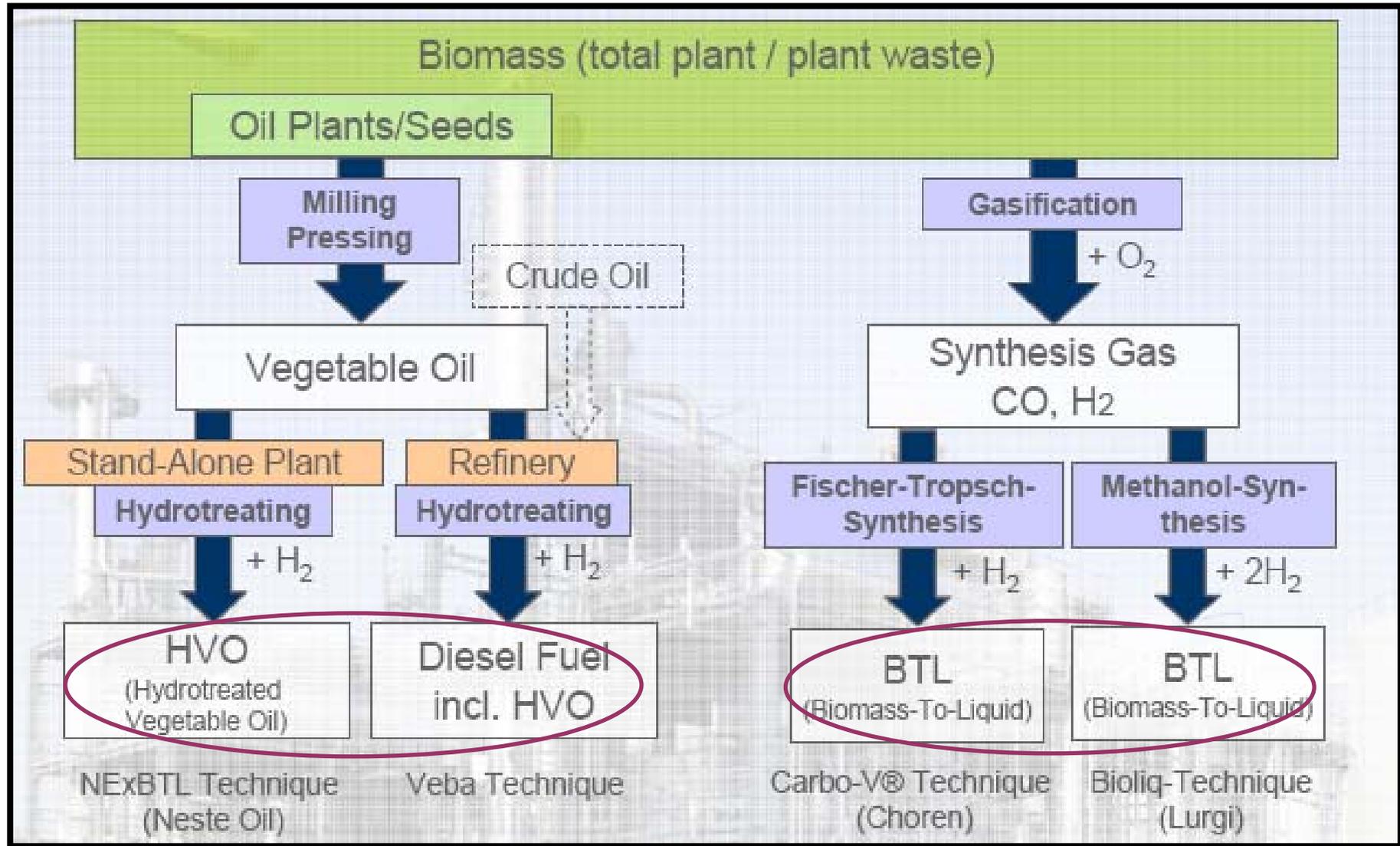
## 01 경유 대체 바이오에너지 기술개발 개관

02 국내외 경유 대체 BTL 디젤 기술개발 동향

03 국내외 경유 대체 HBD 기술개발 동향

04 국내외 경유 대체 미세조류 기반 BD의 기술개발

# 국외 경우 대체 바이오연료 개발현황



# 경유 대체 세대별 바이오연료의 생산기술

	1 <sup>st</sup> Generation	2 <sup>nd</sup> Generation	3 <sup>rd</sup> Generation	
	Biodiesel (FAME)	Hydrotreated Biodiesel (HBD)	BTL	Biomass Pyrolysis
Process route	Trans-esterification	Hydro Conversion in refinery hydrotreaters	Gasification and FT synthesis	Fast pyrolysis treatment
Feed	Vegetable oils	Vegetable oils	Biomass	Biomass
Product	BD (FAME)	HBD, Renewable or Green diesel	Syn. Diesel	Bio-oil, Char, Gas
Product chemical type	Fatty acid methyl ester	Mainly paraffinic hydrocarbons in diesel boiling range	Mainly linear and branched paraffinic HCs from upgrading waxy FT liquids	Complex high mol. weight HCs, water, char solids
Product quality	Consistency and stability issues	High	High	Low quality energy carrier
Lifecycle analysis (CO <sub>2</sub> emission)	1.6 – 2.3 (kg CO <sub>2</sub> /kg oil equivalent) Source : Neste <sup>1)</sup>	0.5 – 1.5 (kg CO <sub>2</sub> /kg oil equivalent) Source : Neste <sup>1)</sup>	-61% to -91% compared to fossil diesel Source : Choren	-

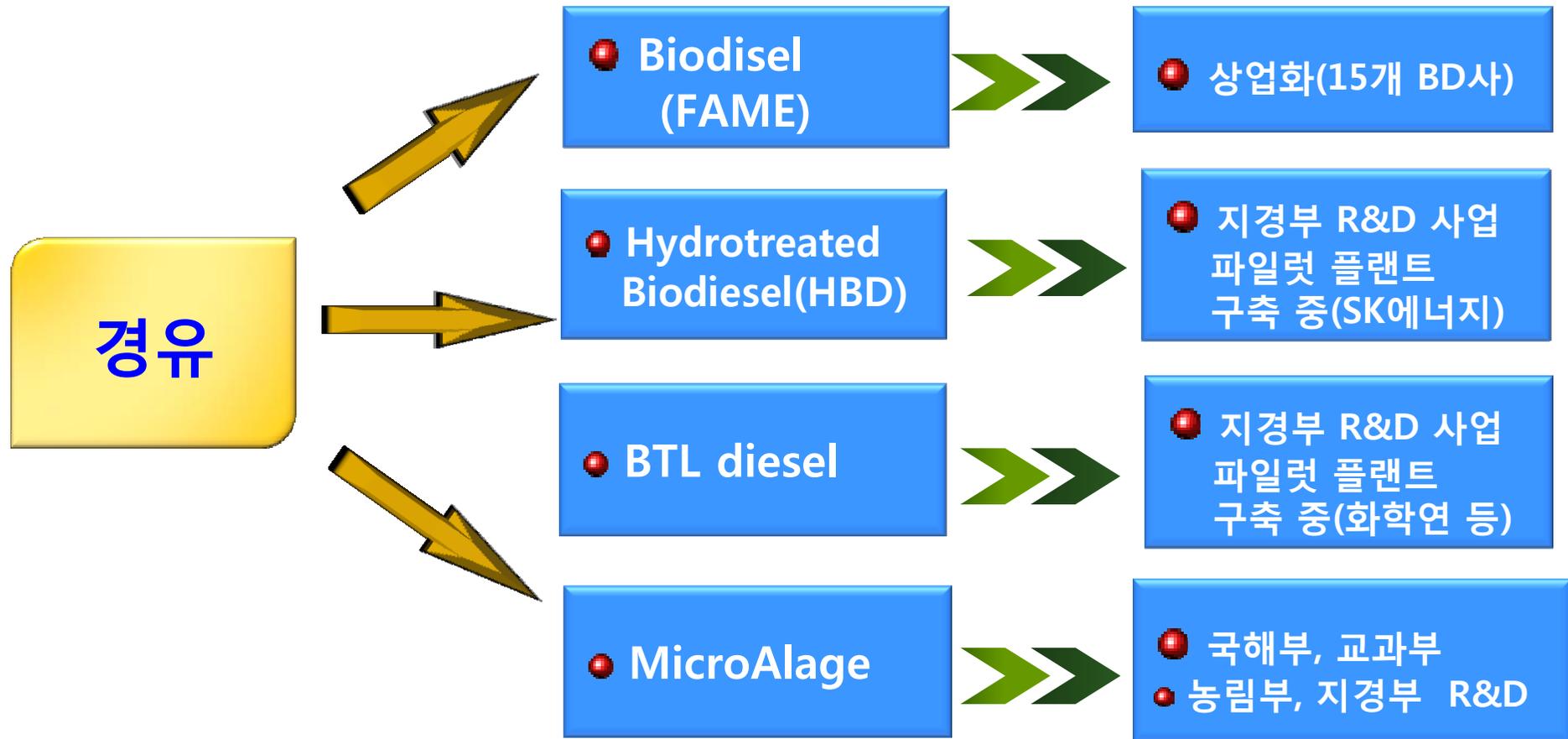
# 국외 경유 대체 바이오연료의 품질비교

	Diesel (EN590)	HVO (NExBTL)	BTL
Cetane Number	> 51	75 - 90	> 70*
Density@15°C kg/m3]	810 - 845	775 - 785	770 - 800*
Lower Heating Value [MJ/l]	36	34	34
Total Aromatics [wt%]	< 30	< 1	< 1
Sulfur [ppm]	< 10	< 1	< 1
Distillation Range [°C]	170 - 370	180 - 320	170 - 330
Chain Length	~ C9 - C26	~ C14 - C18	like Diesel**
Main components	Aromatics, paraffins, naphthenes	Paraffins	Paraffins

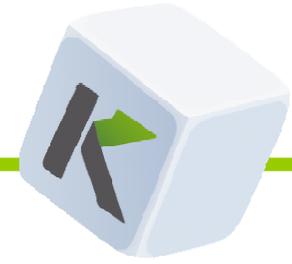
\* acc. to CWA15940  
\*\* Info Choren

# 국내 경유 대체 바이오연료의 기술개발

## ■ 경유 대체 바이오연료 R&D 현황



# 발표순서



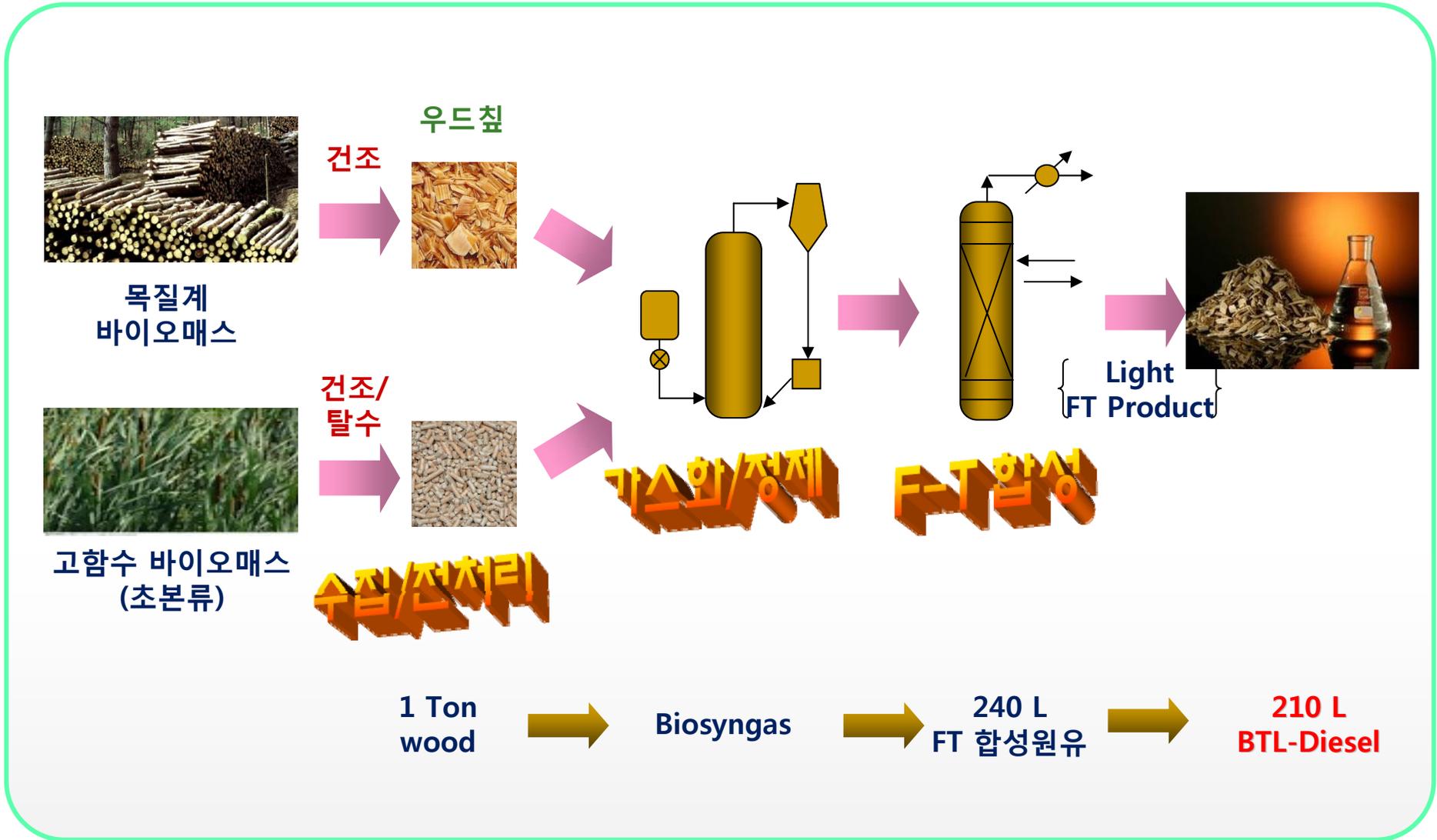
01 경유 대체 바이오에너지 기술개발 개관

**02 국내외 경유 대체 BTL 디젤 기술개발 동향**

03 국내외 경유 대체 HBD 기술개발 동향

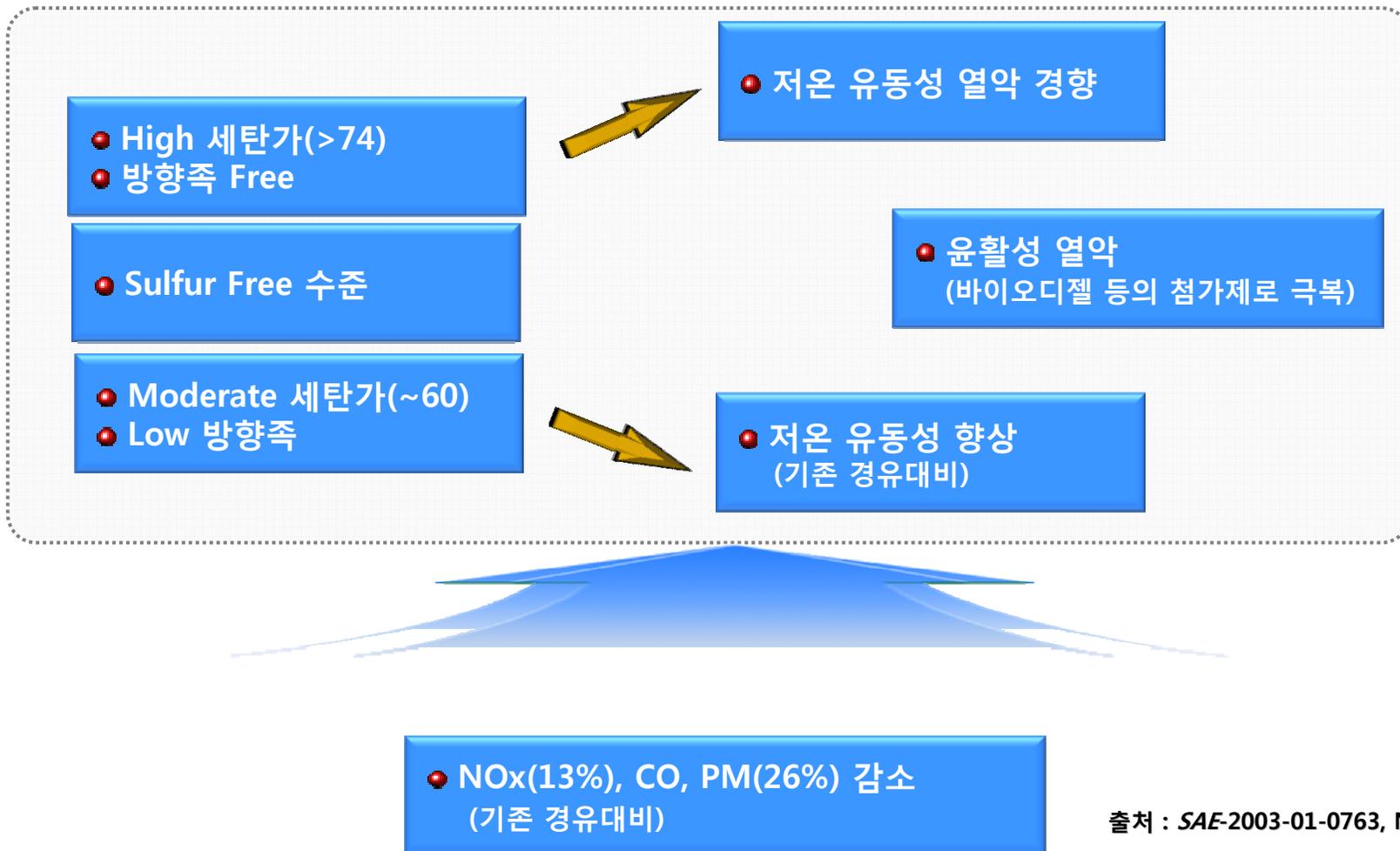
04 국내외 경유 대체 미세조류 기반 BD의 기술개발

# BTL 생산기술 개요



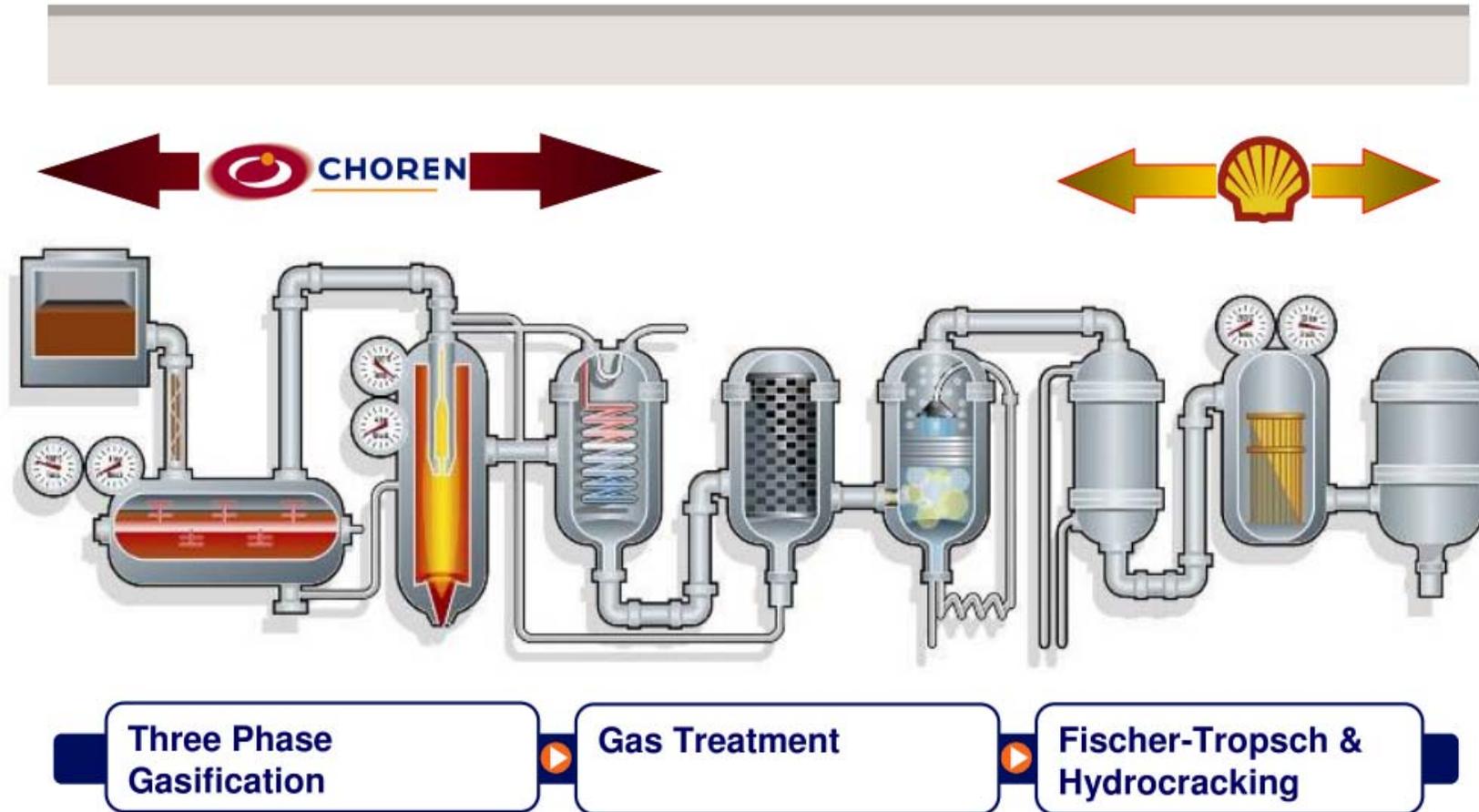
# BTL 디젤의 품질특성

## 일반적인 BTL 디젤의 품질특성



# 국외 BTL 기술개발 현황-독일

The BTL process

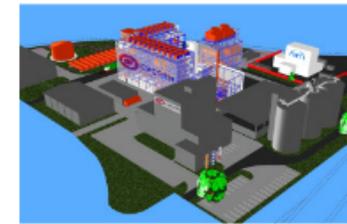


# 국외 BTL 기술개발 현황-독일

Commissioning Beta-Plant March 2007



First SunFuel® in late 2007



▶ 45 MW thermal

▶ 75,000 t/a feedstock

▶ 16.5 mio.l SunFuel



# 국내 BTL 연료(디젤, 휘발유) 생산 - R&D 수준

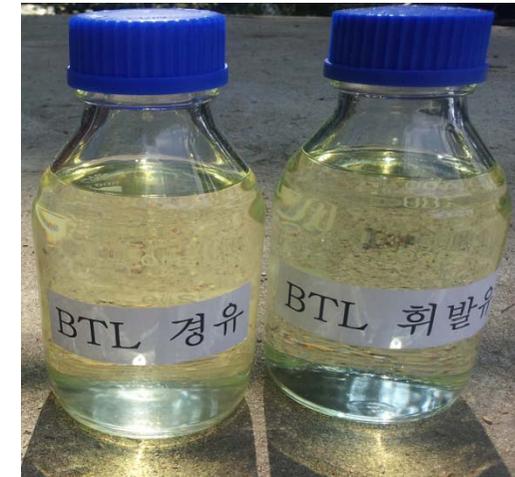
## BTL 디젤 생산



BTL fuel synthesis



Distillation



CO+H<sub>2</sub>



Biomass : Pellet

BTL Pilot Plant

BTL Wax

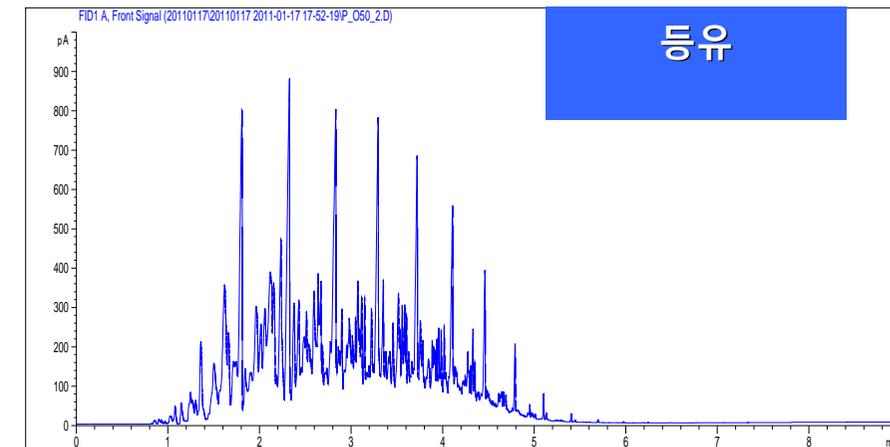
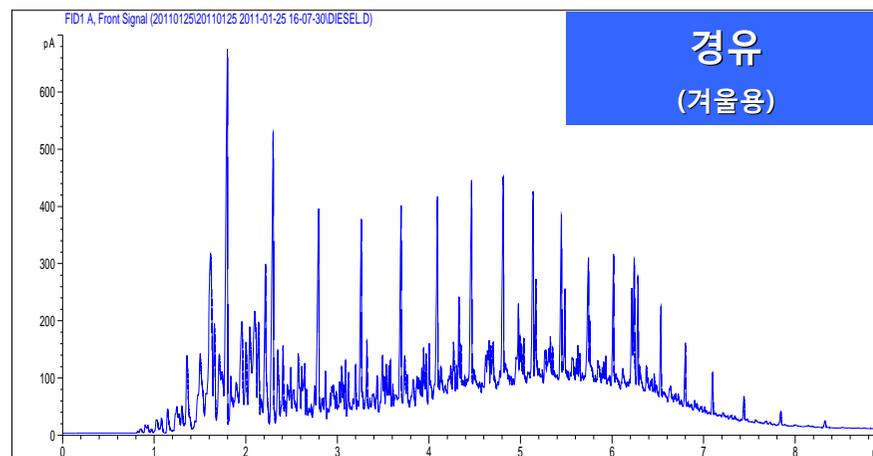
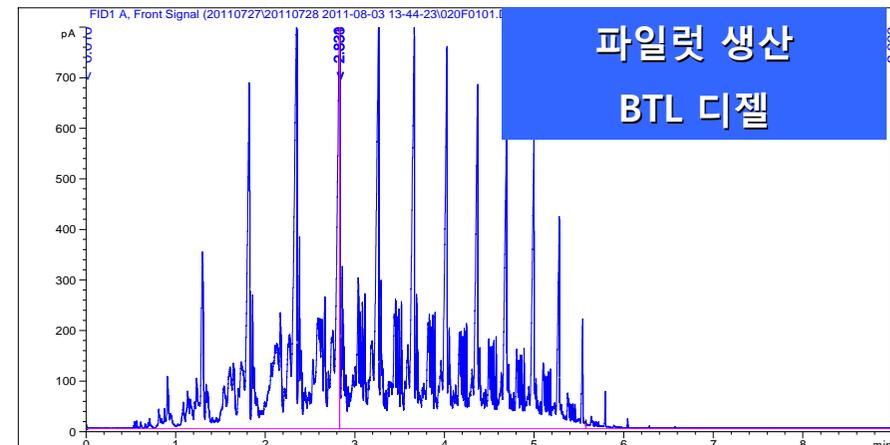
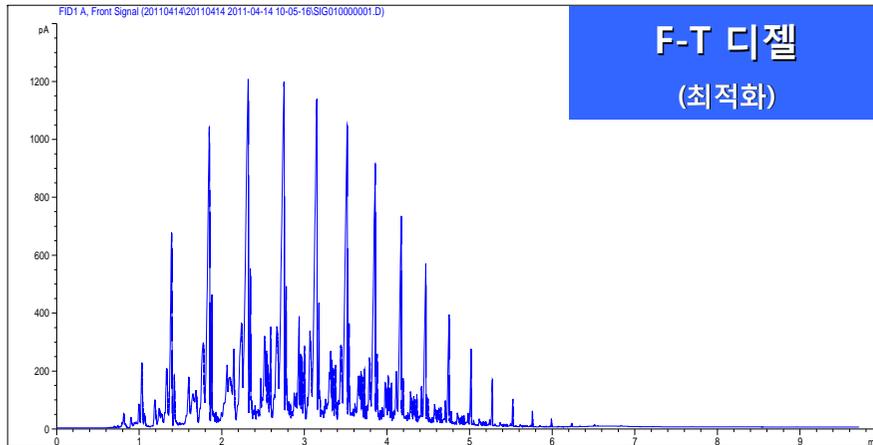
BTL Diesel  
(170°C~320°C)

BTL Gasoline  
(60°C~170°C)

Quality Characteristics of BTL diesel for alternative fuel of diesel

# BTL 디젤의 품질특성 - R&D 수준

## BTL 디젤의 GC 분석 결과



# BTL 디젤의 품질특성 - R&D 수준

## BTL 디젤의 품질특성

시험항목	단위	품질기준	경유	BTL 디젤(100%)	
유동점	°C	0.0 이하 (겨울용 : -17.5 이하)	-35.0	-22.5	
담점	°C	-	-40.0	-17.0	
인화점	°C	40 이상	44	50	
동점도	mm <sup>2</sup> /s	1.9 이상 ~ 5.5 이하	-	-	
증류 성상	초류점(IBP)	°C	-	150	171
	10%	°C	-	172	190
	50%	°C	-	243	232
	90%	°C	360 이하	334	290
	종말점(FBP)	°C	-	367	312
10% 잔유 중 잔류탄소분	무게%	0.15 이하	0.15 이하	0.15 이하	
물과 침전물	부피%	0.02 이하	0.01 미만	0.01 미만	

# BTL 디젤의 품질특성 - R&D 수준

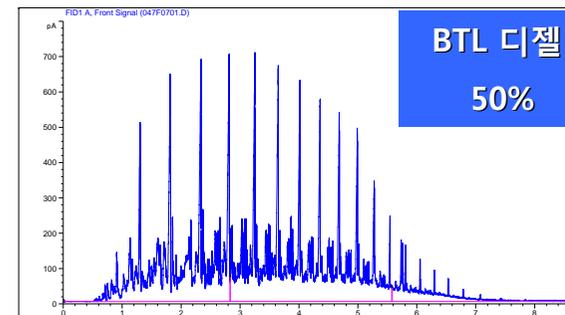
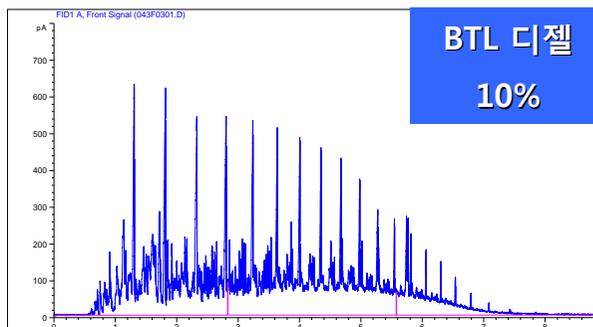
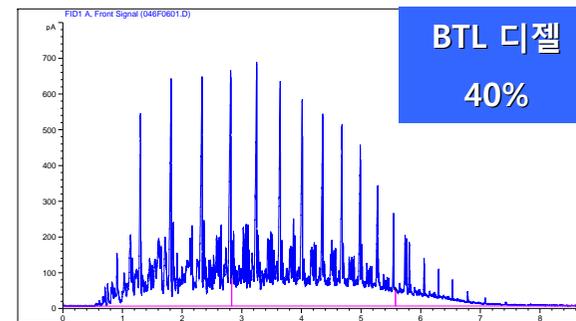
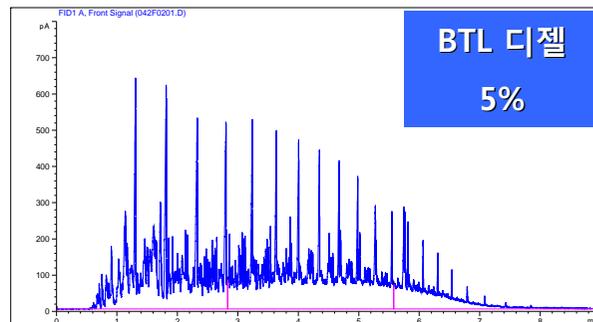
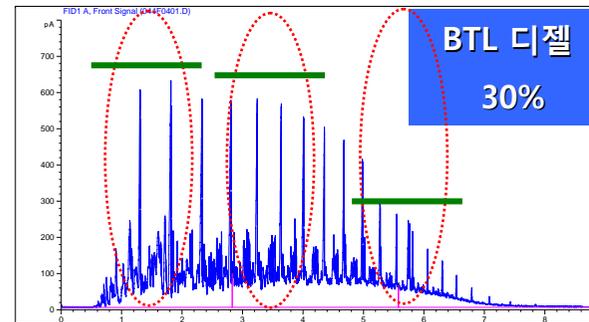
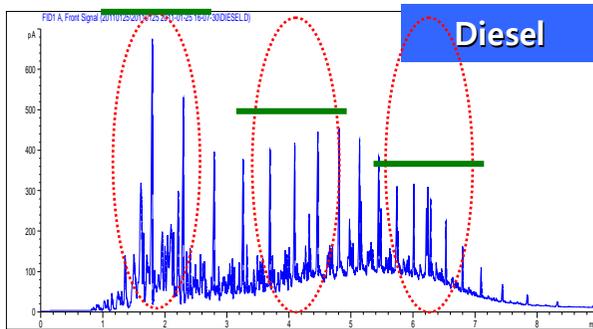
## ■ BTL 디젤(100%)의 품질특성

시험항목	단위	품질기준	경유	BTL 디젤(100%)
황분	mg/kg	10 이하	6.4	1.7
회분	무게%	0.02 이하	0.01 미만	0.01 미만
세탄지수	-	52 이상 (흑한기 : 48 이상)	51.9	68.6
유도세탄가 <sup>1</sup>	-	-	49.4	54.6
동판부식	-	1 이하	1 미만	1 미만
필터막힘점	°C	-16 이하	-33.0	-17.0
윤활성(HFRR 마모흔, μm)	μm	400 이하	234	438
밀도	kg/m <sup>3</sup>	815 이상 ~ 835 이하	817	779
다고리방향족	무게%	5 이하	1.0	0.2
방향족	무게%	30 이하	18.7	4.1

● 밀도 외 시험항목에서 BTL 디젤 품질기준 만족

# BTL 디젤의 품질특성 - R&D 수준

## BTL 디젤-경유의 혼합 비율별 GC 분석 결과



# BTL 디젤의 품질특성 - R&D 수준

## ■ BTL 디젤의 혼합비율에 따른 연료품질 분석(겨울용 경유와 혼합)

시험항목	단위	품질기준	경유 (겨울용)	BTL 디젤의 혼합비율(vol.%)						
				5 %	10%	20%	30%	40%	50%	
유동점	°C	0.0 이하 (겨울용 : - 17.5 이하)	-35	-32.5	-30.0	-27.5	-25.0	-22.5	-22.5	
담점	°C	-	-4.0	-10.0	-10.0	-11.0	-13.0	-14.0	-17.0	
인화점	°C	40 이상	44	44	44	44	44	44	48	
동점도	mm <sup>2</sup> /s	1.9 이상 ~ 5.5 이 하	-	-	-	-	-	-	-	
증류성상	초류점	°C	-	150	151	151	153	156	157	160
	10%	°C	-	172	172	174	176	178	178	181
	50%	°C	-	243	243	243	240	239	237	236
	90%	°C	360 이하	334	332	333	329	325	318	312
	종말점	°C	-	367	368	365	365	360	359	355
10% 잔유 중 잔류탄소분	무게%	0.15 이하	0.15 이하	0.15 이하	0.15 이하	0.15 이하	0.15 이하	0.15 이하	0.15 이하	
물과 침전물	부피%	0.02 이하	0.01 미만	0.01 미만	0.01 미만	0.01 미만	0.01 미만	0.01 미만	0.01 미만	

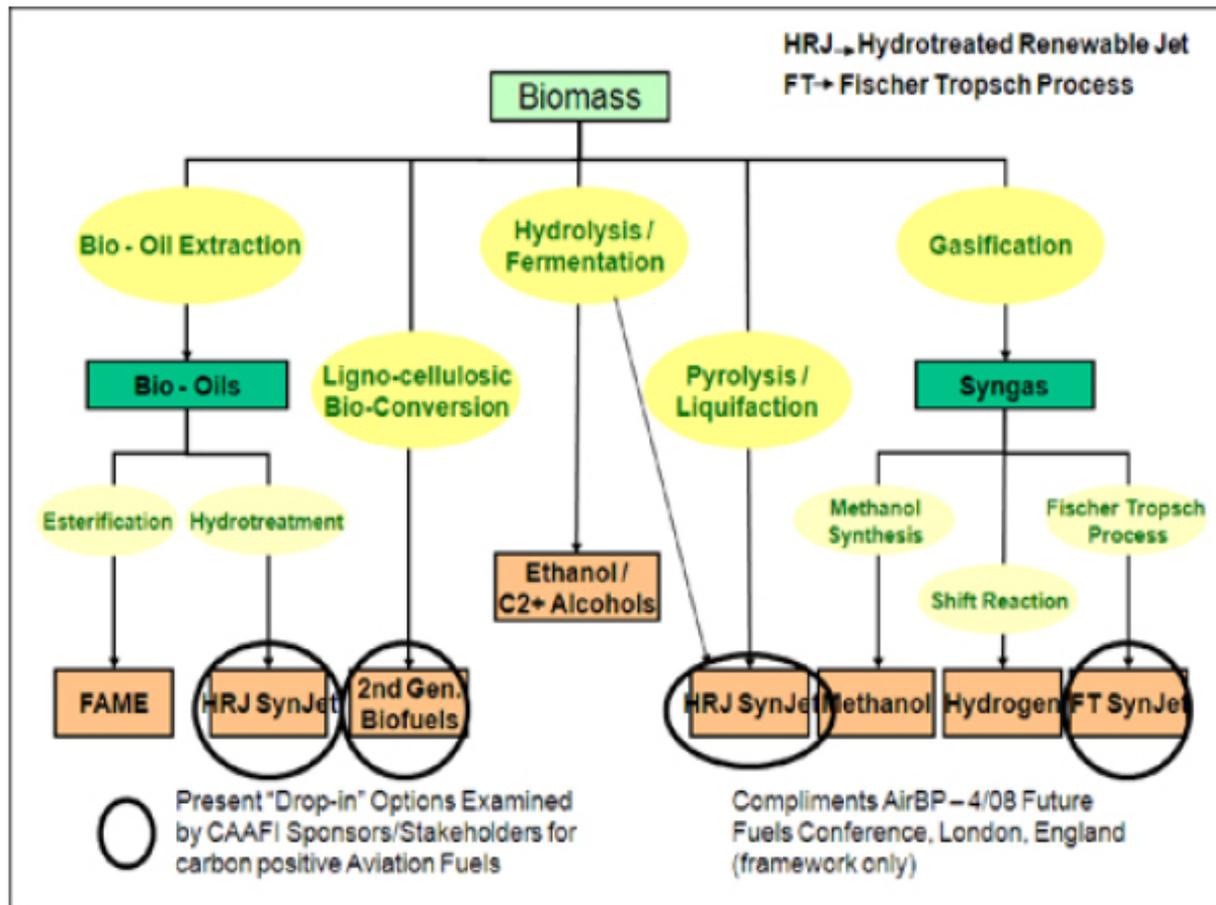
# BTL 디젤의 품질특성 - R&D 수준

## BTL 디젤의 혼합비율에 따른 연료품질 분석(겨울용 경유와 혼합)

시험항목	단위	품질기준	경유	BTL 디젤의 혼합비율(vol.%)					
				5%	10%	20%	30%	40%	50%
황분	mg/kg	10 이하	6.40	5.96	5.69	5.28	4.77	4.21	3.88
회분	무게%	0.02 이하	0.01 미만	0.01 미만	0.01 미만	0.01 미만	0.01 미만	0.01 미만	0.01 미만
세탄지수	-	52 이상 (흑한기 : 48 이상)	51.9	52.3	53.3	54.2	55.8	57.2	58.8
유도세탄가	-	-	49.4	49.9	50.4	51.5	52.8	53.7	54.6
동판부식	-	1 이하	1 미만	1 미만	1 미만	1 미만	1 미만	1 미만	1 미만
윤활성 (HFRR 마모흔)	μm	400 이하	234	251	273	314	328	344	378
필터막힘점	°C	-16 이하	-33.0	-32.0	-31.0	-29.0	-28.0	-27.0	-20.0
밀도	kg/m <sup>3</sup>	815 이상 ~ 835 이하	817	816	814	810	806	802	798
다고리방향족	무게%	5 이하	1.0	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5
방향족	무게%	30 이하	18.7	17.7	16.7	15.7	14.3	13.0	11.5

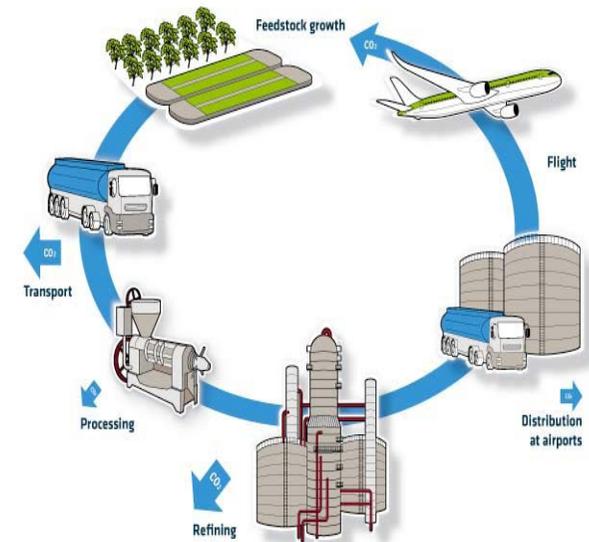
● 밀도 외 시험항목에서 BTL 혼합비율 5%~50% 품질기준 만족

# BTL 기반 Bio-jet fuel 개발 동향

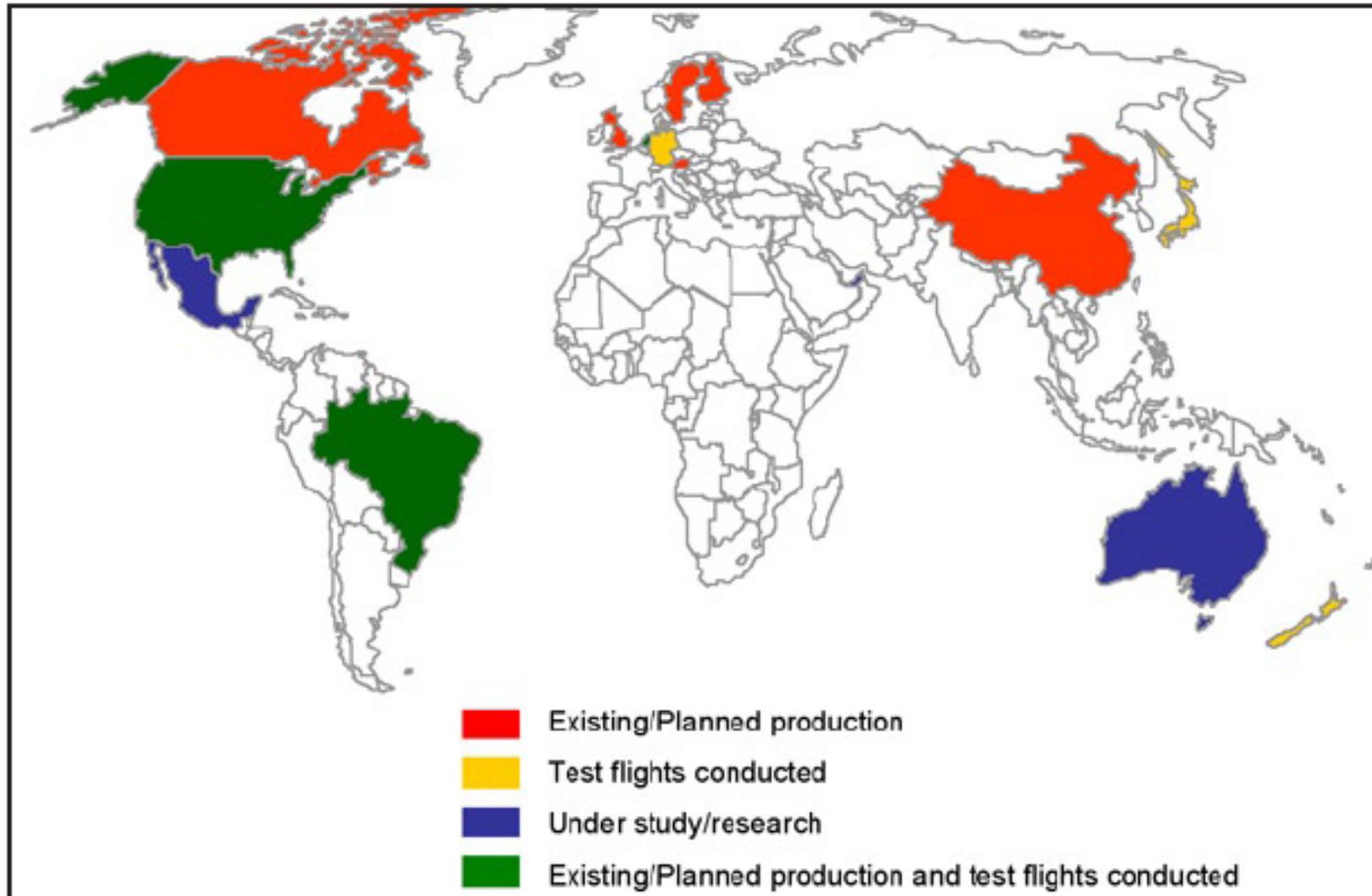


Source: Richard Altman, executive director, CAAFI, March 2009

## Bio jet fuel의 lifecycle emission

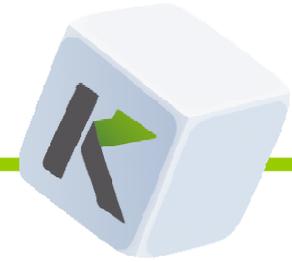


# BTL 기반 Bio-jet fuel 개발 동향



Source: Compiled by GBC, June 2010

# 발표순서



01 경유 대체 바이오에너지 기술개발 개관

02 국내외 경유 대체 BTL 디젤 기술개발 동향

**03 국내외 경유 대체 HBD 기술개발 동향**

04 국내외 경유 대체 미세조류 기반 BD의 기술개발

# HBD ?

## HBD

- 식물유를 hydrogen-treating process를 거쳐, Triglyceride로부터 얻어지는 Alkane임.
- 2<sup>nd</sup> Generation Biodiesel로 분류됨.\*

\* NNFCC : English National Non-Food Crops Center

## Feedstock

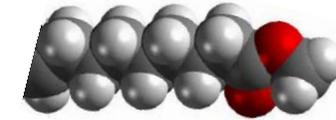
- Vegetable Oil\*, Animal Fat, Waste Cooking Oil, Grease, 그리고 이들과 Diesel의 Mixture\*\*.

\* Commercialized with palm oil by Neste Oil.

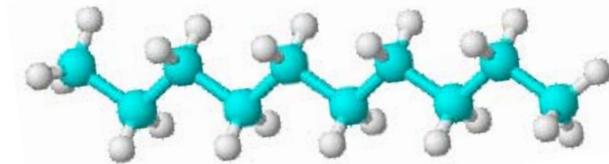
\*\* On studying by Petrobras, Conoco-Philips, and ENI.

## Final Product

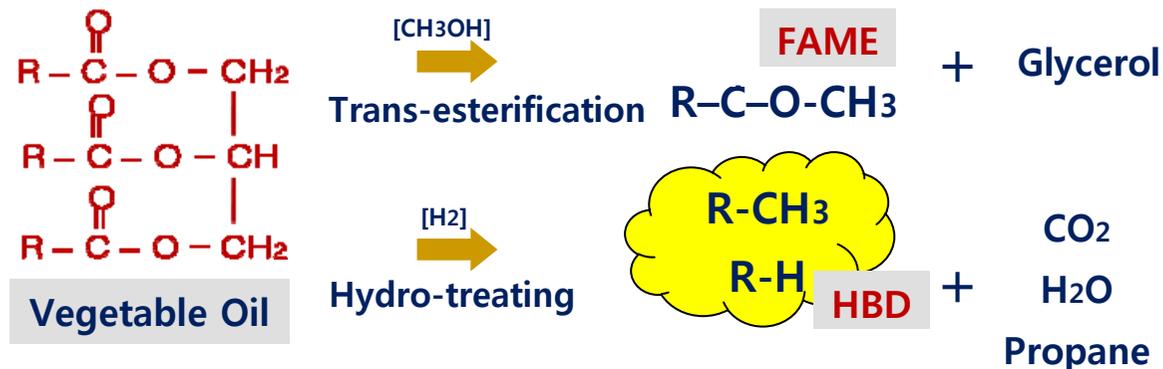
- HBD, Propane, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>



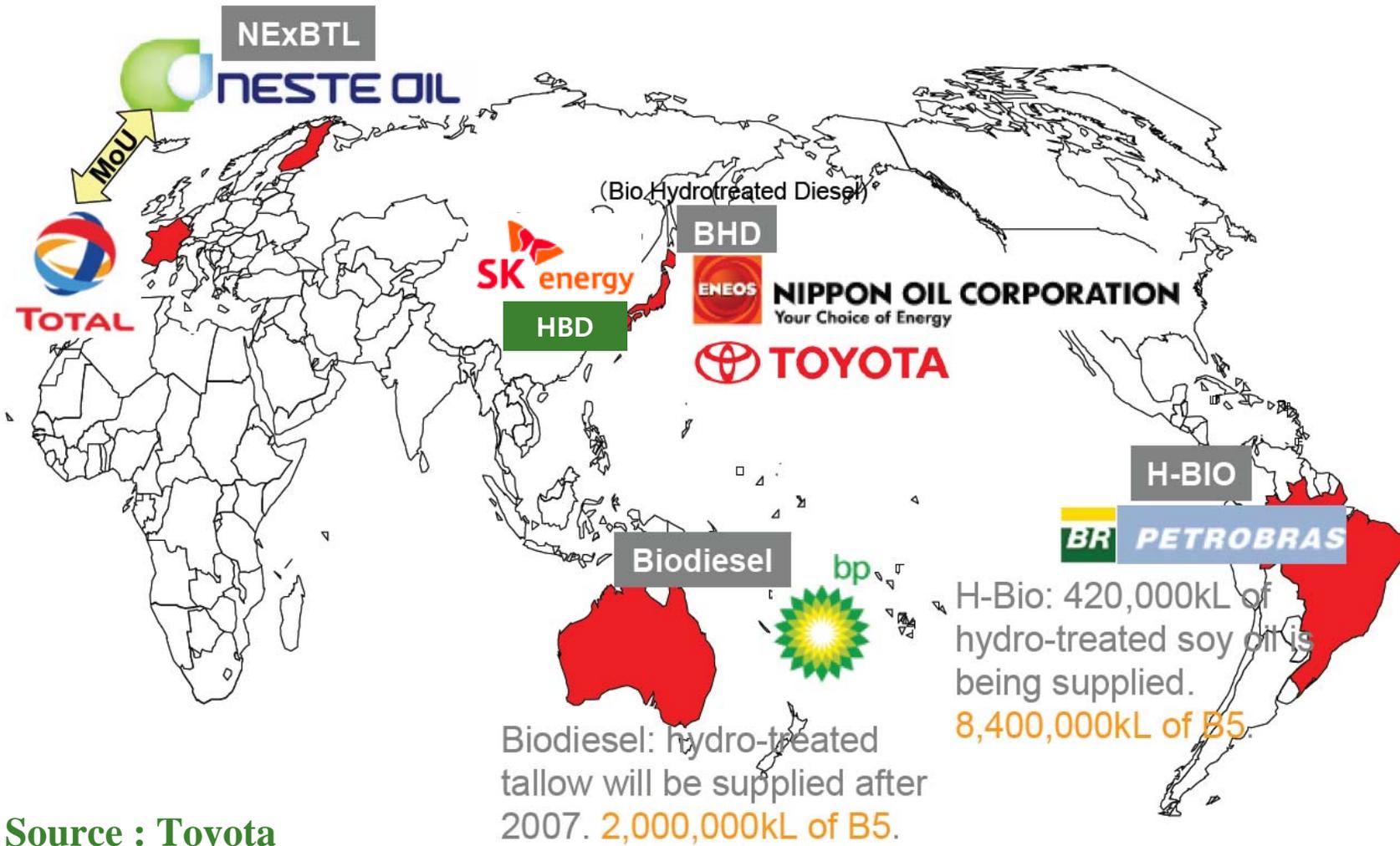
FAME



HBD



# 세계 HBD 기술개발



Source : Toyota

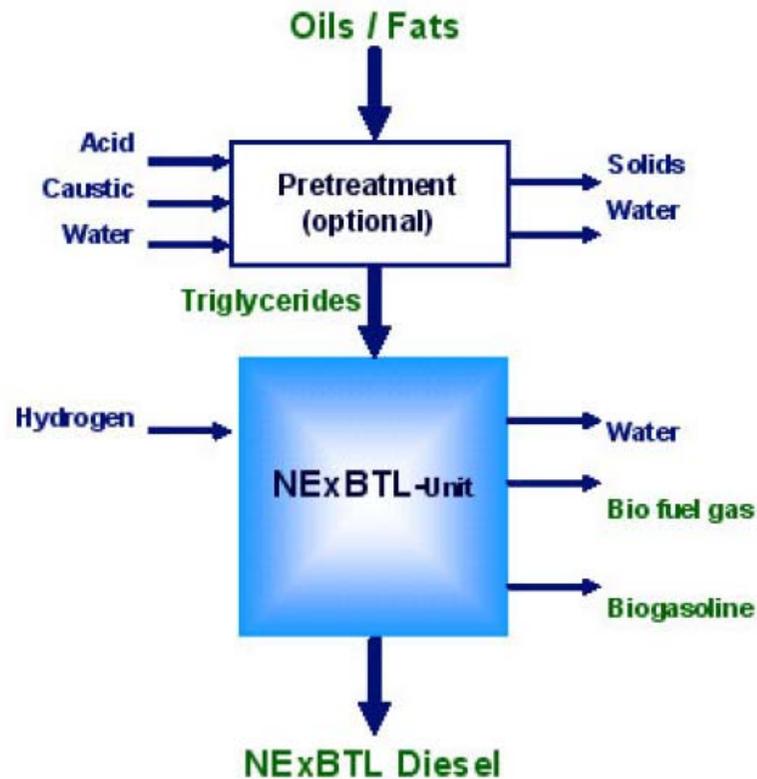
# 세계 HBD 생산 주요회사

Company (제품명)	Neste Oi (NExBTL)	UOP (Green Diesel)	Petrobras
<b>Technology</b>	NExBTL process	Ecofining™ process	H-BIO process
<b>Target</b>	Vegetable oils,	Low cost waste oil,	Vegetable oils blended
<b>Feedstock</b>	Waste animal fats	grease (high FFA)	with diesel fractions
<b>Development</b>	Porvoo Refinery에	Livorno에	5개의
<b>Status</b>	상업용 공장 건설	상업용 공장 건설	상업용 공장 건설
<b>Commercial</b>	170,000 t/yr (~3750 bpd)	Stand-alone,	hydrotreater (HDT) unit에서
<b>Concept</b>	in existing Refinery	Co-processing Unit	의 Catalytic Hydro-conversion

# HBD의 온실가스 저감 효과

## Neste Oil사의 HVO 기술

- 기존 Petro-Diesel보다는 제 1세대 바이오디젤이, 그리고 제 1세대 바이오디젤보다는 제 2세대 BD인 HBD가 CO<sub>2</sub> 발생량이 상대적으로 줄어드는 것으로 분석되고 있음.



Source: Neste Oil

## 온실가스에의 영향

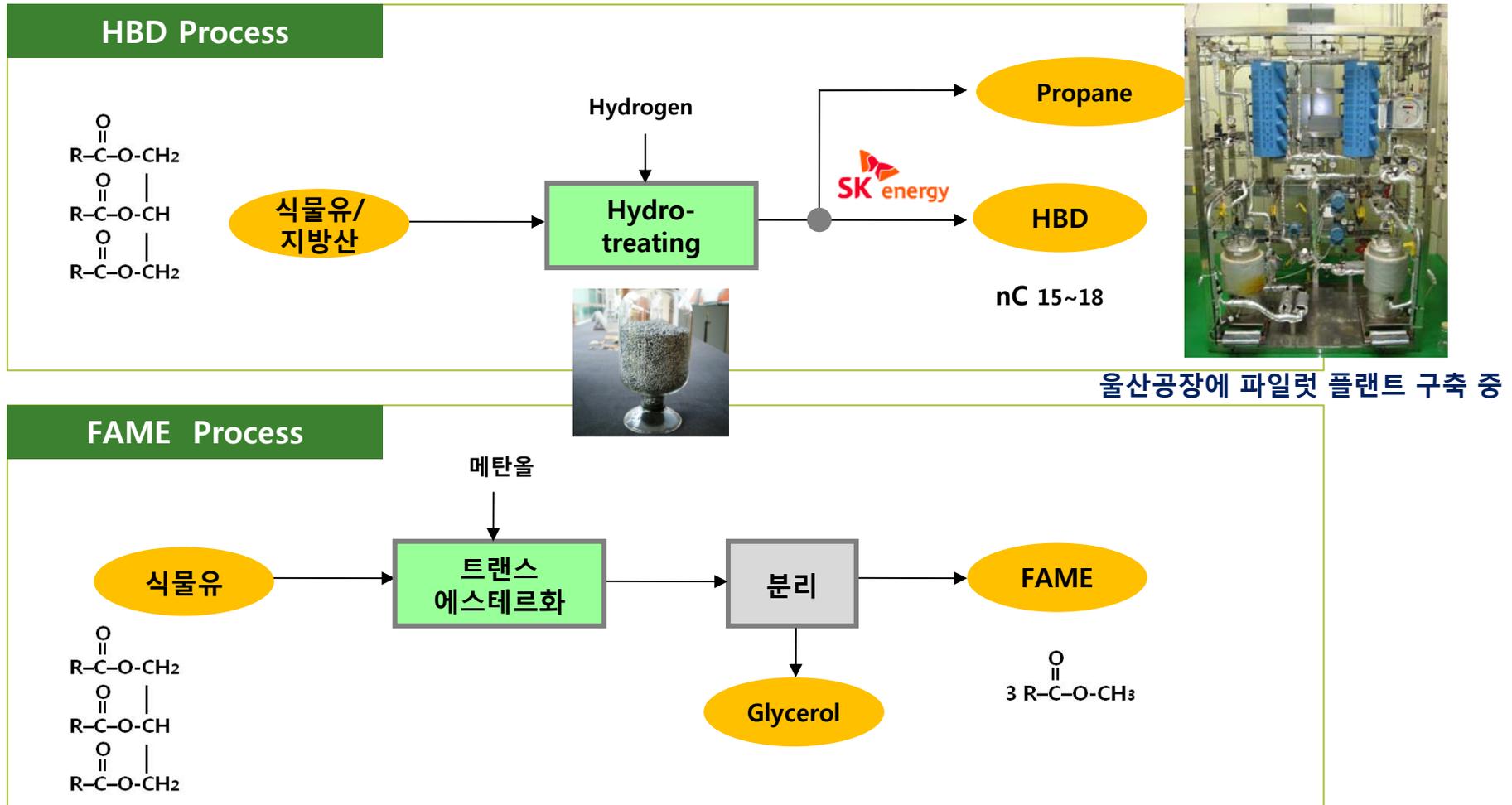
Life cycle greenhouse gas 배출이 60%이상 줄어드는 것으로 분석되고 있음.

- NO<sub>x</sub>는 15%이상 저감.
- PM (Particulate matter)은 25%이상 저감.
- THC는 20%이상 저감.
- CO는 5%이상 저감.

구분	CO <sub>2</sub> 배출량 (kg CO <sub>2</sub> /kg oil equivalent)
Petro-diesel	3.8
1 <sup>st</sup> Gen. Biodiesel	1.6~2.3
2 <sup>nd</sup> Gen. HBD	0.5~1.5

Source: Neste Oil

# 국내 HBD 기술개발



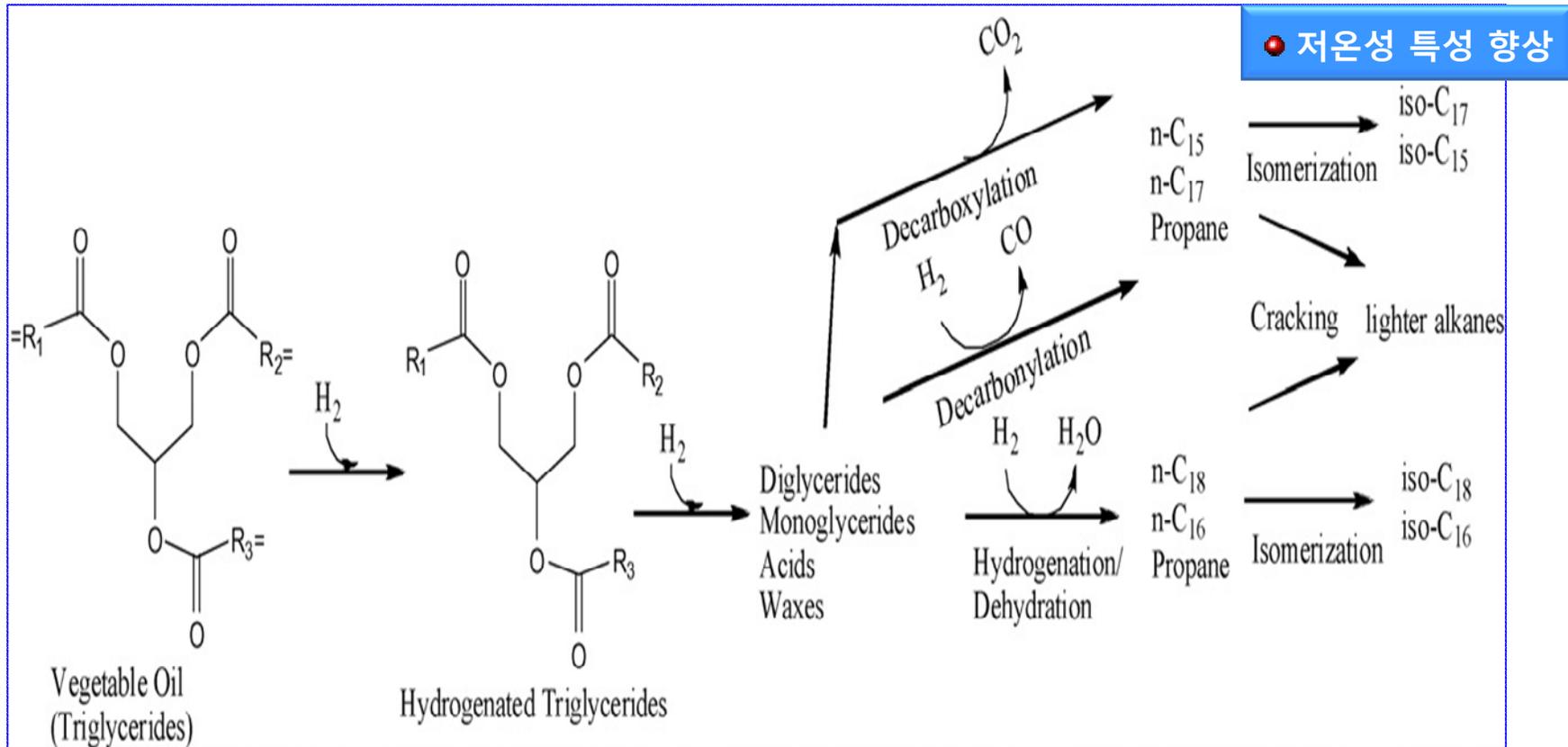
# 국내 HBD의 품질특성

- HBD는 FAME 보다 n-paraffin 구성으로 산화안정도 극복, 고세탄가이나, 상대적으로 저온성 열악(isomerization, 첨가제 등에 의해 극복가능)

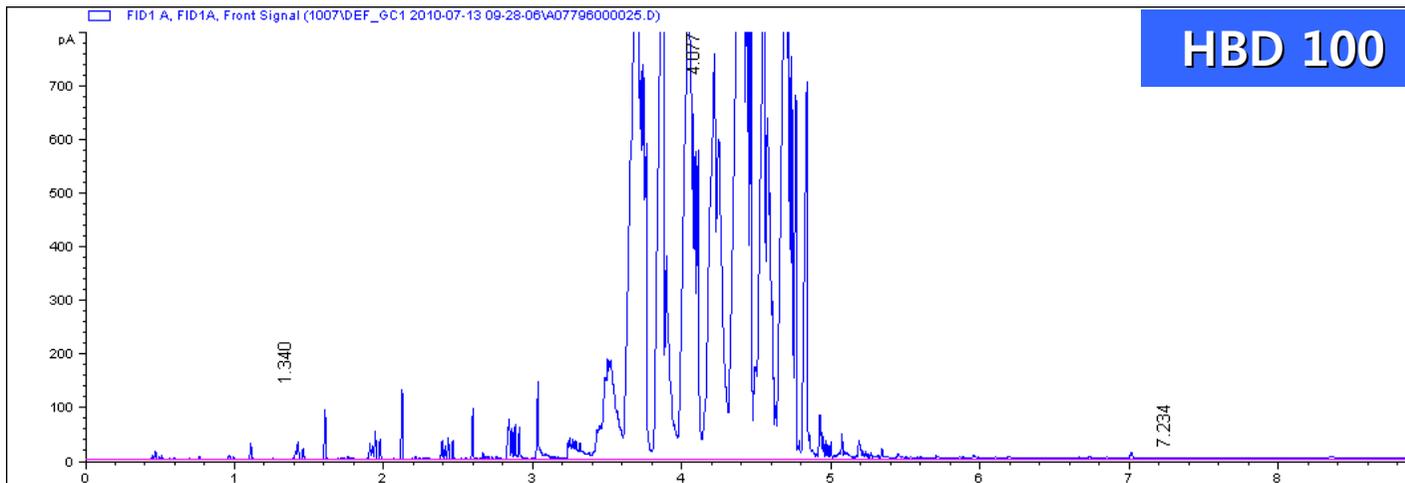
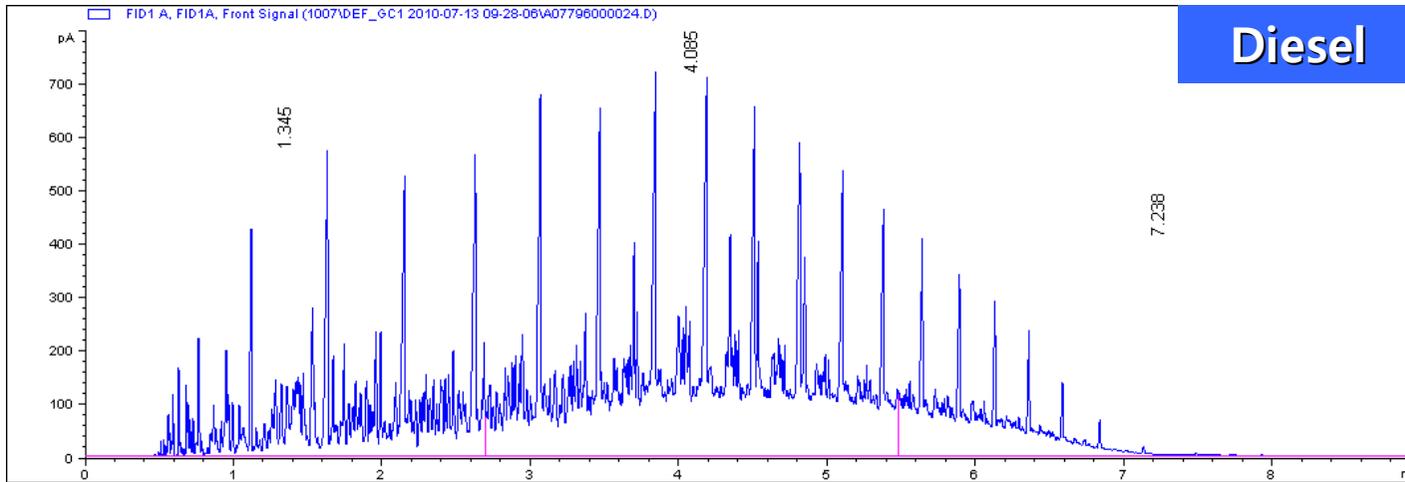
		HBD	FAME
Density, 15°C: kg/m <sup>3</sup>		778	883
Distillation	IBP	252	327
	50%	284	335
	90%	296	341
	FBP	312	347
Cetane Value*		78.3	50.3
Cetane Number		77.8	47.4
Cloud Point, °C		22	0
Pour Point, °C		17.5	0.0
Caloric Value	cal/g	11,264	9,511
	cal/mL	8,768	8,398
Oxidation Stability, @110°C, hr		>24	14
n-Paraffin Volume, %		99.9	n. d.

# HBD 생산반응 기술

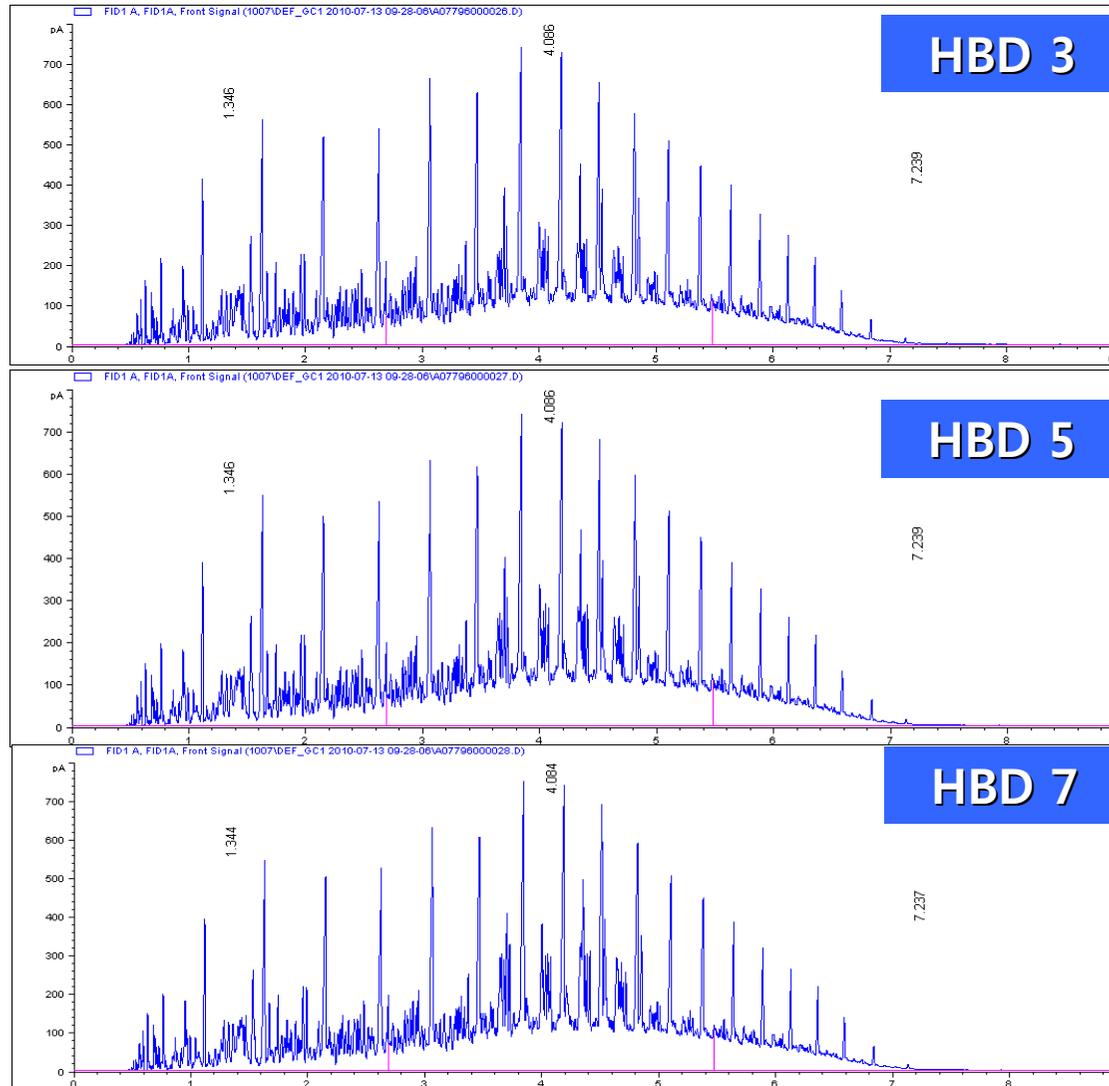
- HBD의 저온특성은 isomerization과 첨가제 첨가로 극복



# HBD의 GC 분석

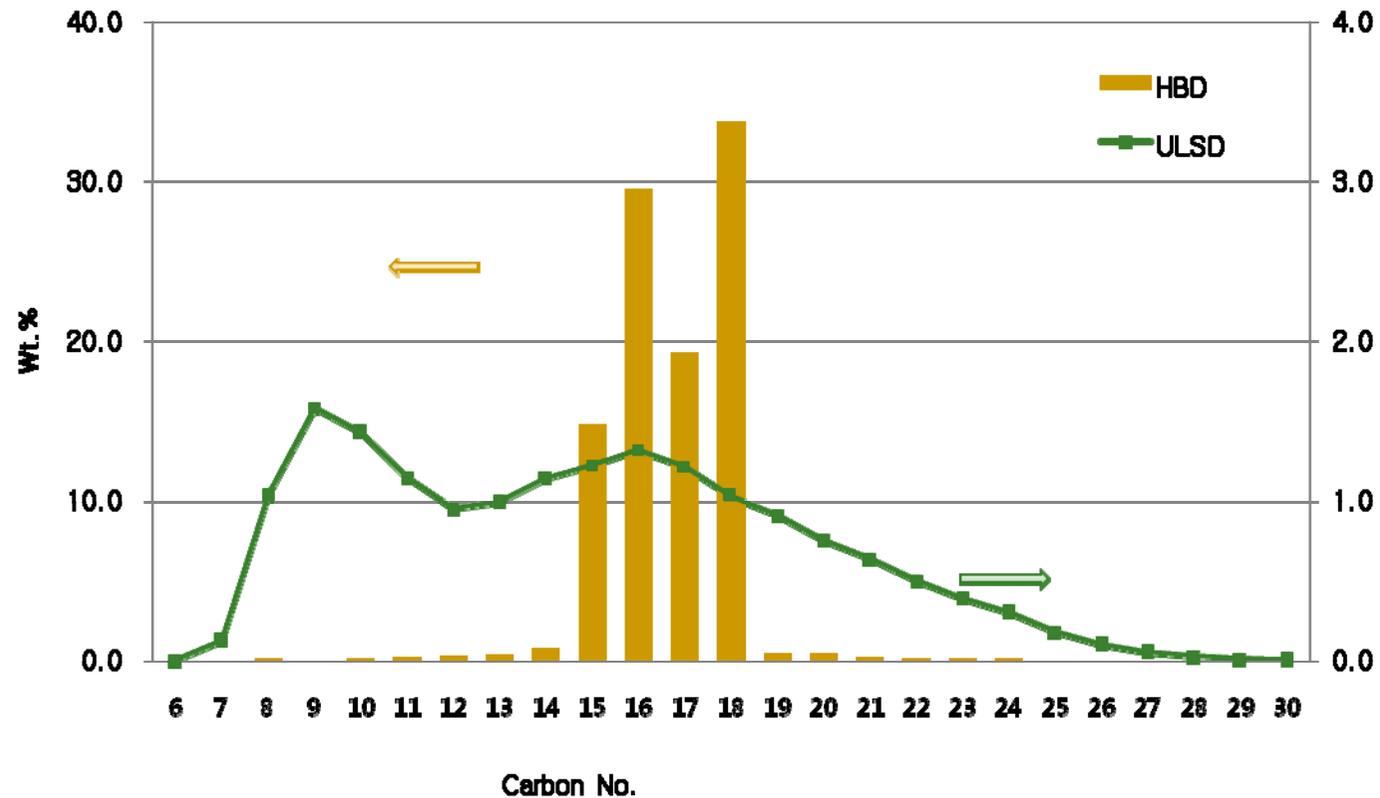


# HBD의 GC 분석



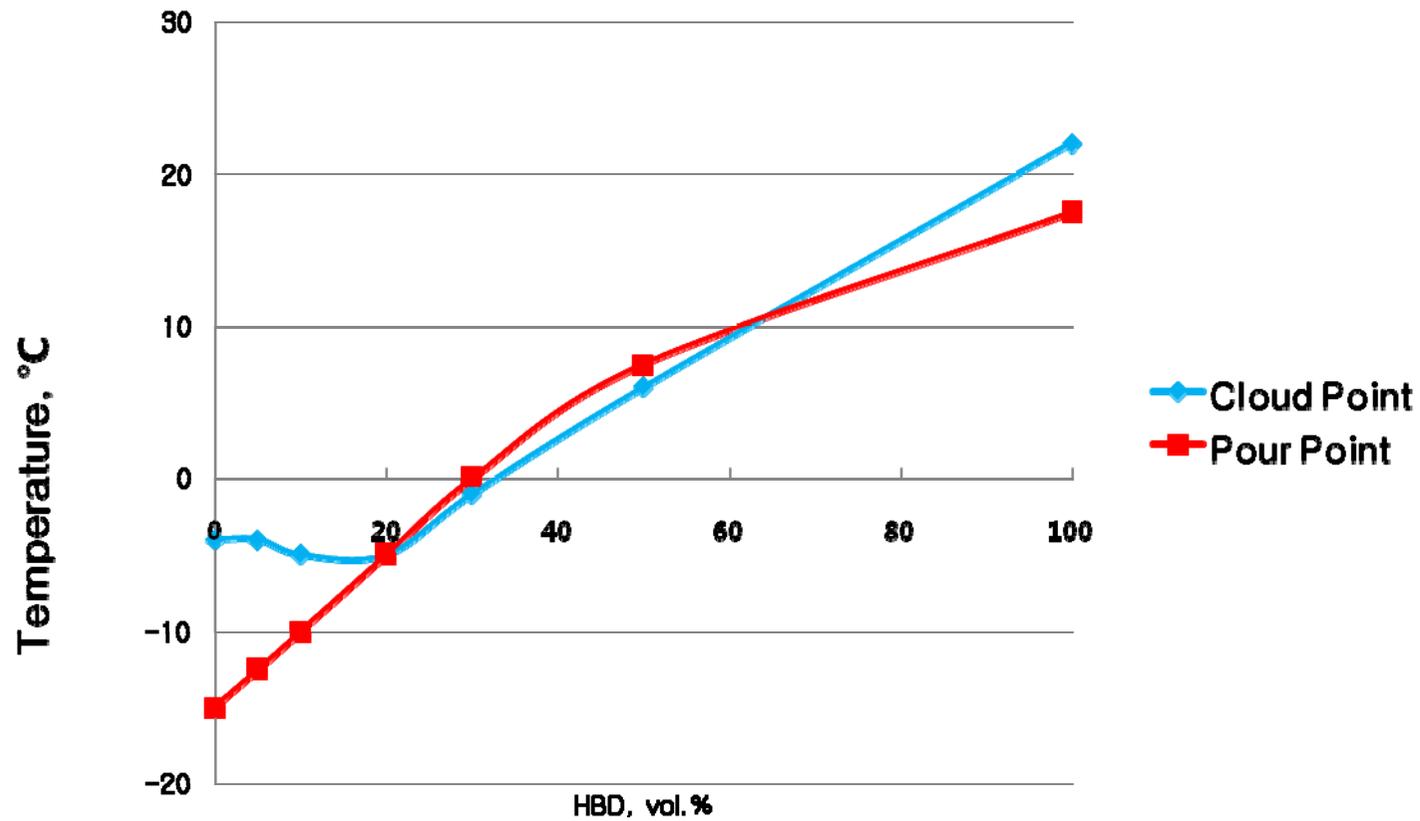
# 국내 HBD의 탄화수소 분포

Distribution of n-paraffin as carbon number of HBD



# HBD 혼합비율에 따른 저온특성(CP, PP)

Cloud Point & Pour Point on HBD Dosage



---

01 경유 대체 바이오에너지 기술개발 개관

02 국내외 경유 대체 BTL 디젤 기술개발 동향

03 국내외 경유 대체 HBD 기술개발 동향

**04** 국내외 경유 대체 미세조류 기반 BD의 기술개발

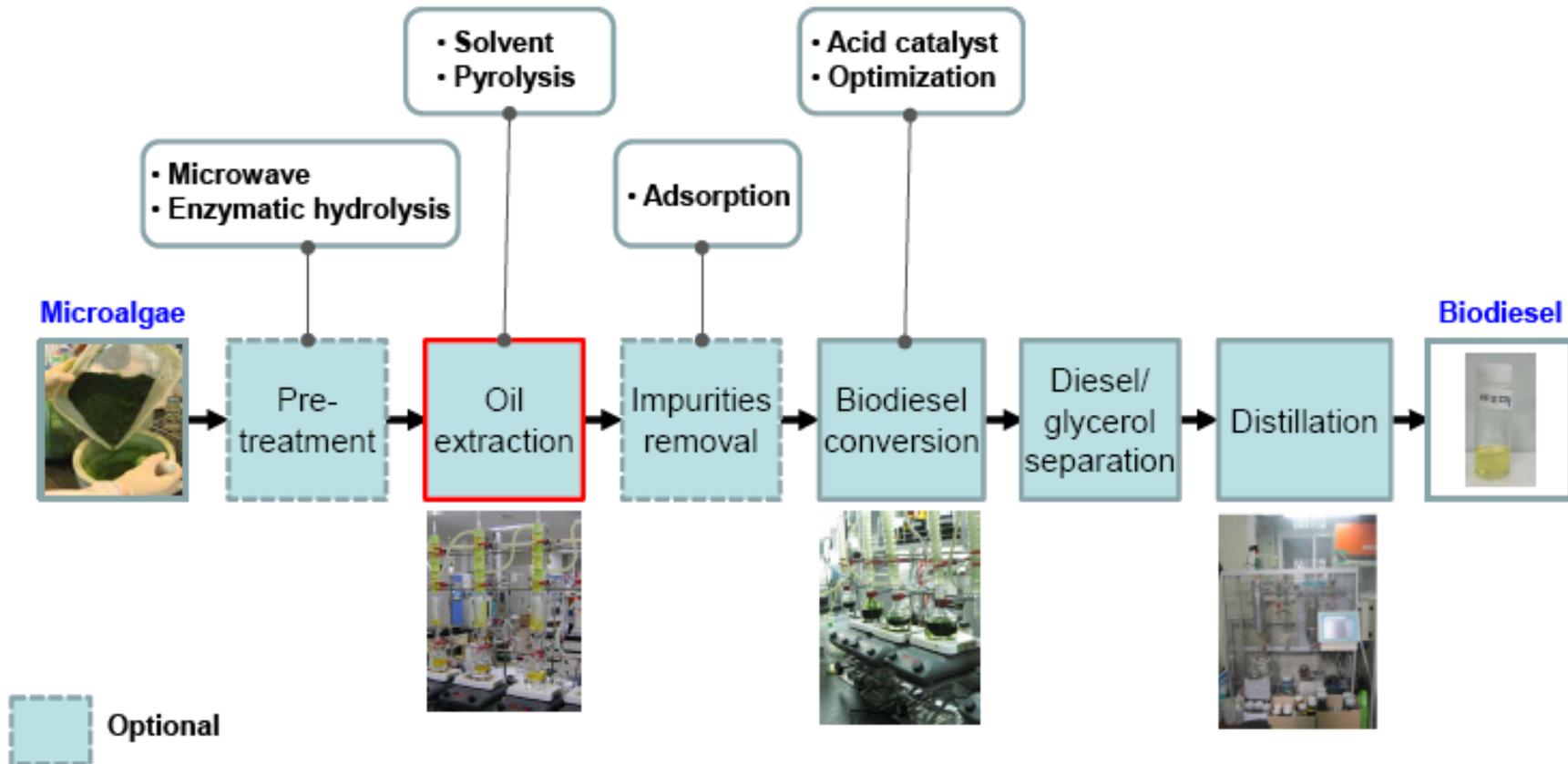


# 미세조류로부터 바이오연료 기술개발



# 미세조류로부터 바이오디젤 변환

## ■ 미세조류 기반 바이오디젤 생산기술



# 미세조류 바이오매스의 원료 생산성

Source	Biodiesel (L/ha/year)
Cotton	325
Soybean	446
Mustard seed	572
Rapeseed/canola	952
Sunflower	1,190
Jatropha	1,892
Oil palm	5,950
Algae (10 g/m <sup>2</sup> /day at 30% TAG)	12,000
Algae (50 g/m <sup>2</sup> /day at 50% TAG)	98,500



Cotton



Soybean



Mustard seed



Rapeseed



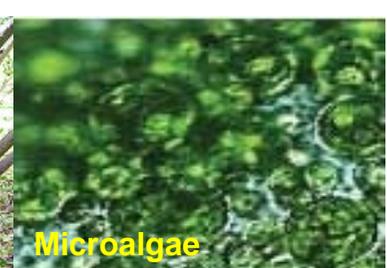
Sunflower



Jatropha

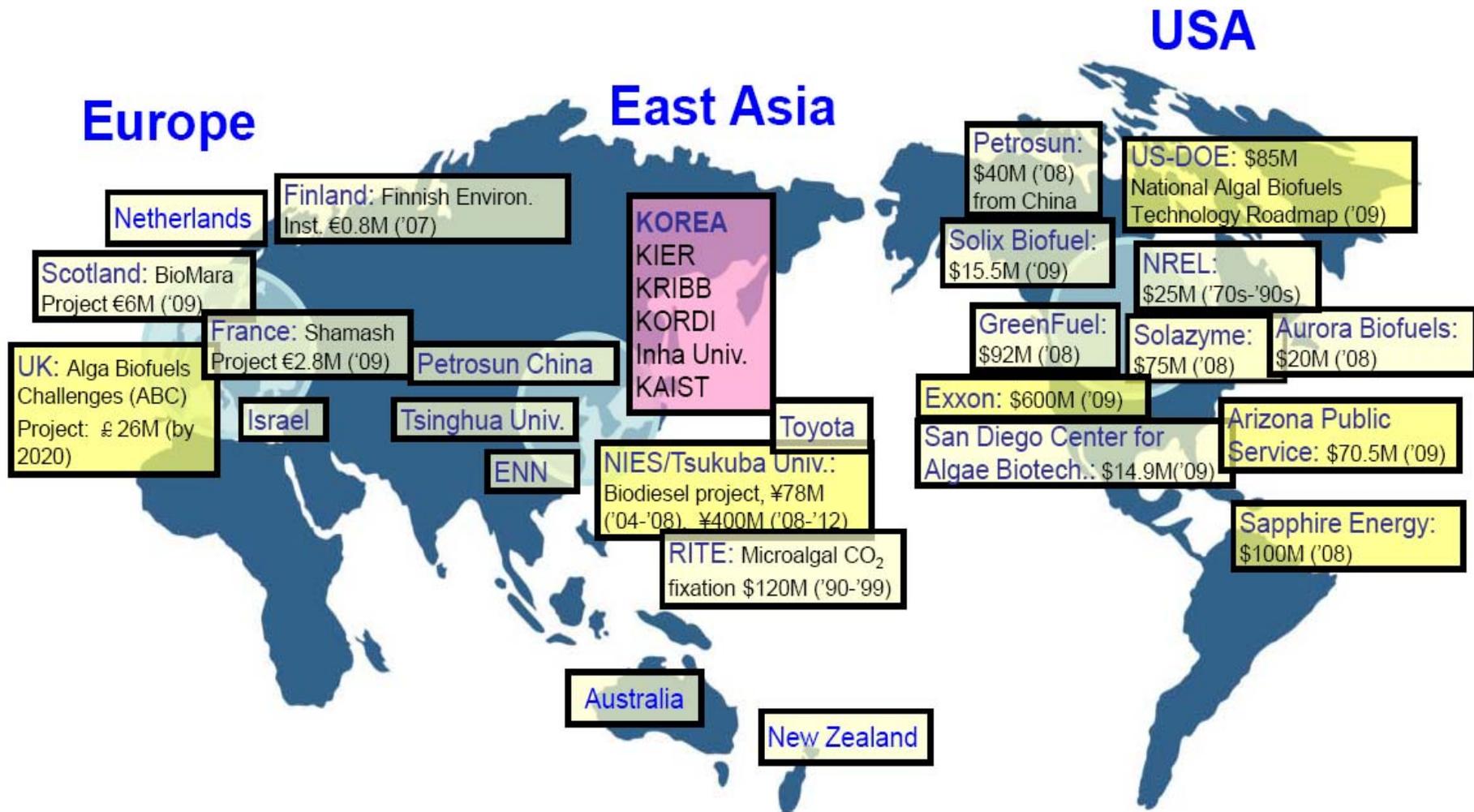


Oil palm



Microalgae

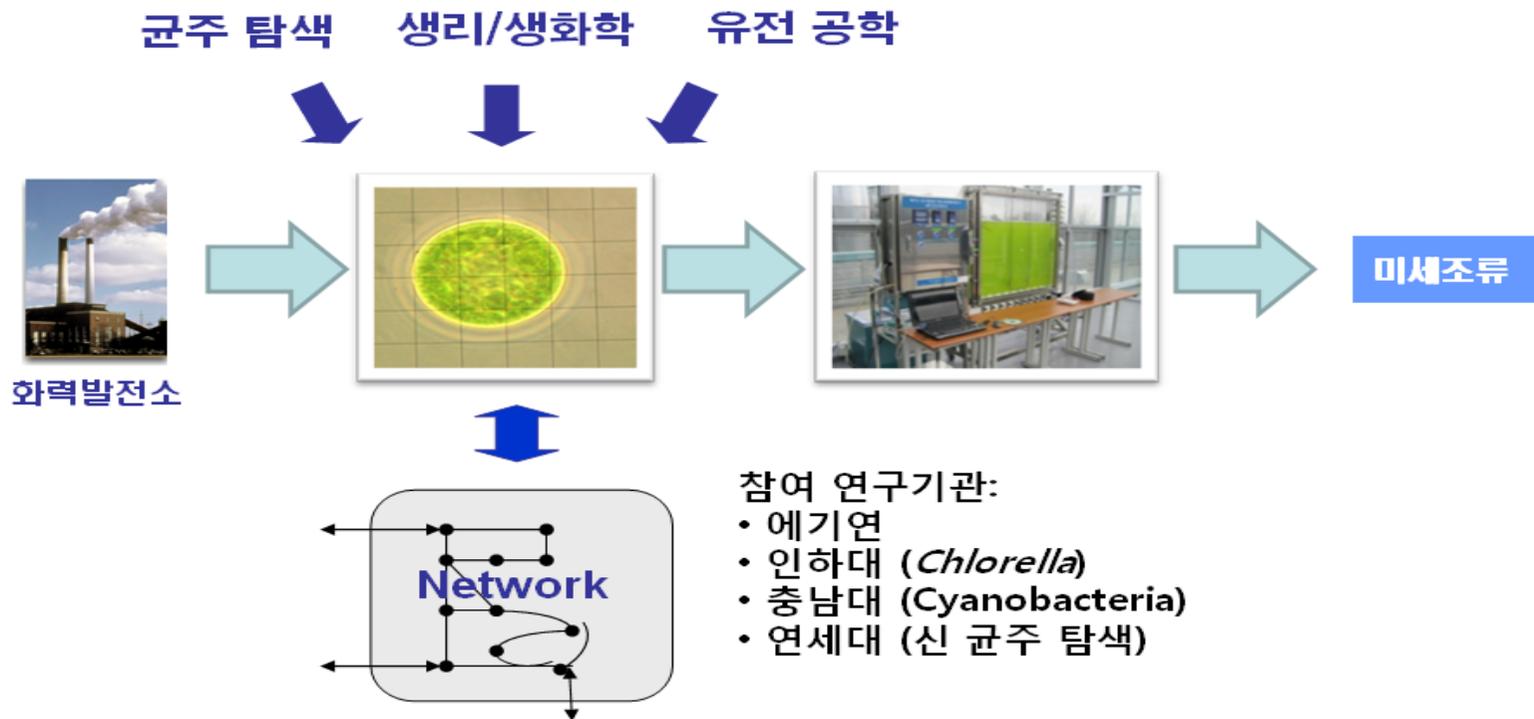
# 미세조류 바이오연료 기술개발



# 국내 미세조류 바이오연료의 기술개발

## 정부 부처별 R&D

- 교과부(차세대 바이오매스 연구단): 균주탐색 기술개발
- 국해부(인하대, 해양바이오에너지 생산기술연구단) : 해양 바이오에너지 대량생산기술
- 농림부(해조류 바이오매스 연구그룹) : 청정연료와 고부가가치 소재 생산
- 한국에너지기술연구원, 한국해양연구원 등



# 미세조류로부터 바이오연료의 전망

