

석유대체자원을 이용한 항공유제조기술

정순용* · 김철웅* · 정광은* · 고재천* · 채호정* ·
김태완* · 박현주* · 이상봉* · 한정식** · 정병훈**

Development of Jet-Fuel Using Petroleum Displacement Resources

Soon-Yong Jeong* · Chul-Ung Kim* · Kwang-Eun Jeong* · Jae-Cheon Koh* ·
Ho-Jeong Chae* · Tae-wan Kim* · Hyunjoo Park* · Sang-Bong Lee* ·
Jeongsik Han** · Byunghun Jeong**

ABSTRACT

The research for production of jet fuel from petroleum displacement resources such as bio-mass, coal, natural gas mainly consists of three sub-research areas; the first step is the pretreatment for producing a synthetic gas, and the next step is the Fischer-Tropsch reaction process for making hydrocarbons. The last is the upgrading technology for the hydrocarbons to fit a jet fuel specification via cracking and isomerization reactions. This talk presents research trends and main technologies for production of jet fuel derived from petroleum displacement resources.

초 록

석유대체자원을 이용하여 항공유의 제조기술 연구를 수행하고 있는데, 핵심 연구분야인 크게 3분야로 바이오매스, 석탄, 천연가스등으로부터 얻어진 합성가스를 제조하기 위한 전처리 제조분야, 이러한 정제된 합성가스를 사용하여 피셔트롭스(Fischer-Tropsch) 반응단계를 거쳐 탄화수소를 제조하는 단계, 마지막으로 탄화수로부터 항공유에 적합한 upgrading기술인 크래킹(cracking) 및 이성화(isomerization) 반응단계로 구분된다. 본 발표에서는 국내외 연구동향 및 주요단계에 중점기술에 관해 언급하고자 한다.

Key Words: Pretreatment(전처리), Fischer-Tropsch(피셔트롭스), Jet-Fuel(항공유), 이성화(Isomerization), 크래킹(Cracking), Petroleum displacement resources(석유대체자원)

1. 서 론

* 한국화학연구원 석유대체기술연구센터
** 국방과학연구소 1기술-5부
연락처, E-mail: syjeong@kriect.re.kr

에너지원의 90% 이상을 수입하고 있는 우리나라에서 고유가가 미치는 영향은 막대하다. 특히, 항공업계는 유가의 변동에 민감한 산업이며, 군의 안보 강화를 위한 전략적 에너지 독립성은

유사시 무엇보다 중요하다. 따라서 석유대체원료로부터 항공유의 독립 생산을 위한 기술 확보는 세계적인 석유 위기와 지구온난화에 대응하기 위해서 뿐만 아니라 유사시 국가적 안보를 위해서 반드시 필요하다.

세계 굴지의 석유회사인 엑슨모빌에서는 2020년 세계의 에너지 소비가 2003년 대비 약 35% 증가할 것이라는 예측을 내어놓았다.[1] 석유가 약 35%로 가장 많으며 가스과 석탄 이외에도 바이오매스를 에너지원으로 활용하게 될 것이라는 예측이었다. 최근 유가가 배럴당 \$70을 상회하는 것도 이와 무관하지 않다 하겠다. 따라서 고유가 시대 도래와 불안한 세계 석유시장에서의 자주적인 합성석유 기술의 확보와 에너지 다변화에 의한 국가 에너지 안보 구현을 위해 석유대체자원을 사용한 항공유의 개발은 매우 필요한 시점이다.

최근에 경험한 고유가로 인하여 항공유 비용이 급상승하면서 많은 연구자들이 기존 항공유를 대체할 연료개발에 박차를 가하고 있는데, 대체 항공유로 바이오 디젤, 수소 연료 등이 거론되고 있지만 현재로서는 상용화하려면 수년 또는 심지어 수십년이 걸릴 것이라는 게 일반적인 분석이다.[2-4]

바이오 디젤의 가장 큰 문제는 기존의 항공유보다 더 높은 온도에서 열기 때문에 3만5천피트 상공의 낮은 온도에서 장애가 초래된다는 점이다. 따라서 과학자들은 바이오 디젤이 쉽게 열지 않도록 하는 방안을 집중적으로 연구하고 있지만, 그게 성공한다고 하더라도 이에 맞춰 해당 작물을 대량 생산하는 데도 어려움이 있다고 보고 있다. 결국 경제적인 문제로 귀착되는데, “유가가 상승한다고 하더라도 바이오 디젤의 생산비용이 이보다 더 든다”는 것이 미 농무부의 바이오 디젤 항공유 연구자인 로버트 던의 설명이다.[4]

다른 대안인 수소 연료는 생산하는 데 고비용이 든다는 점 이외에도 저장이 난제로 지적되고 있다. 영하 253도의 저온을 유지해 저장해야 하고 항공유와 비교할 때 보관하는데 더 많은 공간이 필요하며, 따라서 기존 항공기의 변형이 불

가피하다.

따라서 미항공우주국 (NASA) 그린 연구센터의 연소 분야 책임자인 리 치밍은 유가가 급등하면서 본 연구에서 수행하고자 하는 바이오매스, 석탄, 천연가스로부터 합성 항공유를 제조하는 기술이 가장 경제적이고 가능성이 높은 대안으로 언급하고 있다.[2]

국외의 대표적인 연구인 Sasol사는 CTL (Coal-To-Liquid) 기술로부터 Jet A를 100% 대체할 수 있는 항공유를 개발하고 실증하였으며,[5] 2007년 OEM 승인을 받았으며, 미국의 Syntroleum사는 GTL (Gas-To-Liquid) 기술로부터 JP-8 대체 항공유를 개발하였으며, 50% 혼합하여 실제 엔진 시험을 성공한 것으로 보고하였다.[2,3,6]

국내에서 석유대체원료로부터 항공연료의 제조기술 개발관련 연구는 전무하나 이의 기초가 될 수 있는 GTL 및 BTL 기술 개발 연구는 최근에 한국화학연구원을 중심으로 연구과제가 진행 중에 있다. 2006년 8월 지식경제부 에너지자원 기술개발 사업으로 “합성가스로부터 F-T 합성유의 제조 기술 개발” 연구 수행 중에 있으며, 2007년 10월 지식경제부 에너지자원 기술개발 사업으로 “바이오 합성가스로부터 BTL 합성원유 제조 기술 개발” 연구 수행 중에 있다.

최근 빙하가 녹고 슈퍼 태풍 등 기상이변이 잦은 것은 지구온난화가 원인이라는 판단하에 세계기후 변화협약이 체결되고 교토의정서 발효에 따라 이산화탄소를 중심으로 하는 온실가스 배출규제가 강화되고 있으며 탄소배출권 거래제가 도입, 시행되고 있다. 우리나라는 OECD 국가 중 온실가스 배출량 증가율 세계 1위(1990년 대비) 국가로서 온실가스 저감 효과가 큰 기술의 개발이 필요하다.

바이오매스의 경우 전환과정에서 발생하는 모든 이산화탄소가 바이오매스의 생산에 소모된다고 볼 수 있으므로 궁극적으로 이산화탄소를 배출하지 않는 에너지자원으로 볼 수 있으며, 전 세계적으로 약 750억톤으로 자원이 풍부하며 이중 대부분을 차지하는 것이 목질계 바이오매스인데, 이러한 목질계 바이오매스를 이용한 항공

유 개발이 필요한 실정이다.[3]

2. 석유대체자원으로부터 항공유 제조

석유대체자원(바이오매스, 석탄, 천연가스 등)으로부터 얻어진 합성가스를 이용하여 현재의 항공연료(Jet A-1, JP-8)와 동등한 jet fuel의 요구 물성을 만족시키면서 경제적인(기존 대비 가격 경쟁력있는) Jet 연료를 제조하는 전체적인 개념 도는 아래의 Figure 1과 같다.

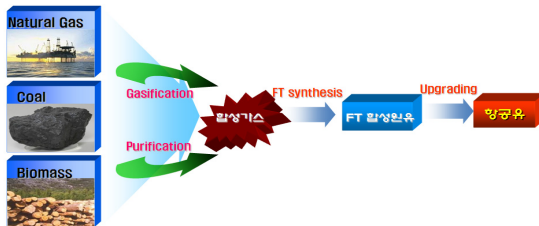


Fig. 1 석유대체자원으로부터 항공유 제조 개념도

2.1. F-T 합성가스의 전처리 기술

Figure 2에 보이는 것과 같이 F-T 합성가스의 전처리 기술은 바이오매스(목질계, 작물류), 석탄 및 천연가스와 같은 석유대체자원 각각으로부터 제조된 합성가스(syngas)를 효율적인 F-T 반응에 적합하게 정제 처리하는 기술을 말하며 세부 기술로는 Tar 제거 기술, 산성가스 제거공정, 기타 불순물 제거 공정기술을 포함하고 있다.

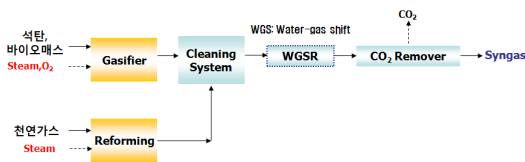


Fig. 2 F-T 합성가스 전처리 기술

2.2. F-T 반응 기술

F-T 반응은 합성가스 (CO + H₂)를 탈수/수소화를 동반한 CO의 중합반응으로 합성원유를 제조하는 기술로써 아래의 Figure 3은 F-T반응 화학반응과 공정을 나타내고 있다.

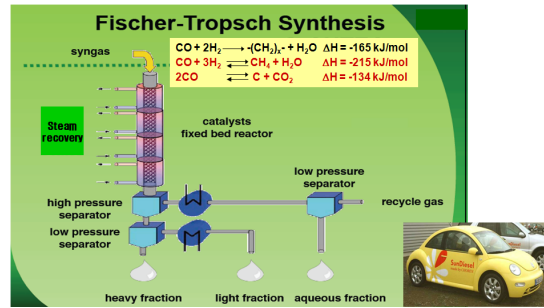


Fig. 3 F-T 반응 기술

기존 상용화된 F-T 촉매는 코발트와 철촉매계로 대별되고 항공유 유분을 증가시키기 위해서는 HTF-T (High Temperature F-T) 촉매 개발이 유리하며 철촉매 대비 200배 이상 고가인 코발트 보다는 철촉매가 유리하다.

2.3. 합성원유의 upgrading 기술

합성원유로부터 jet fuel에 적합한 조성을 얻기 위한 최적 upgrading (촉매 및 반응조건) 기술로써 다음과 같이 수첨분해 기술 (cracking)과 수첨이성화 기술 (isomerization) 기술로 구성이 되어 있다.

1) 합성원유의 수첨분해 기술

F-T 반응을 통해 얻어진 합성원유를 수첨분해를 통하여 항공유로 사용할 수 있는 등유 (kerosene) 영역의 수율을 증대시키는 기술로써 수첨분해 촉매는 귀금속, 금속, 금속 sulfide계의 촉매가 사용되어지며, 담체로는 무정형 실리카 알루미늄이 많이 사용되어진다. 촉매 표면의 산도 조절을 통한 수첨분해 정도를 조절하여 항공유 영역의 수율을 높이는 것이 기술적인 관건이다.

2) 합성원유의 수첨이성화 기술

F-T 합성유의 선택적 이성화 반응을 통하여 향상된 cold flow특성 (점도, pour point, 어는점 등)을 가지는 항공유를 생산하는 기술로써 수첨이성화 촉매는 무정형 산화물이나 산화물의 혼합물, 제올라이트, SAPOs, 메조포러스 물질 등

이 지지체로 사용된다. 가장 흔히 사용되는 금속은 Pd, Pt 등의 귀금속과 , 이중금속 시스템 (Ni/Co, Ni/W, Ni/Mo, W/Mo 황화물) 등이며, 촉매 표면의 산도 조절을 통한 수침이성화 선택도를 조절하여 크래킹반응을 제한하면서 항공유 영역의 수율을 높이는 것이 기술적인 관건이다.

참 고 문 헌

1. ExxonMobil, "The Outlook for Energy," www.exxonmobil.com/energyoutlook
2. Altman, R. L., "Alternative Fuels in Commerical Aviation The Need, the Applroach, Progress," 32nd Annual FAA Forecasting Conference, March, 2007
3. Holmgren, J., "Creating Alternative Fuel Options for the Aviation Industry: Role of Biofuels," ICAO Alternative Fuels Workshop, February, 2009
4. Daggett, D. L., Hendricks, R. C., Walther, R., and Corporan, E., "Alternate Fuels for use in Commerical Aircraft," NASA, TM-214833, 2008
5. SASOL news centre, "Sasol achieves approval for 100% synthetic jet fuel," April, 2008
6. Syntroleum, "Introduction to Syntroleum," January, 2009