윤 활 정 보

중국의 석유관련 연구개발 현황

「중국석유화공과학연구원을 중심으로」

한국석유품질검사소
시험연구부 과장
최 주 환

목 차

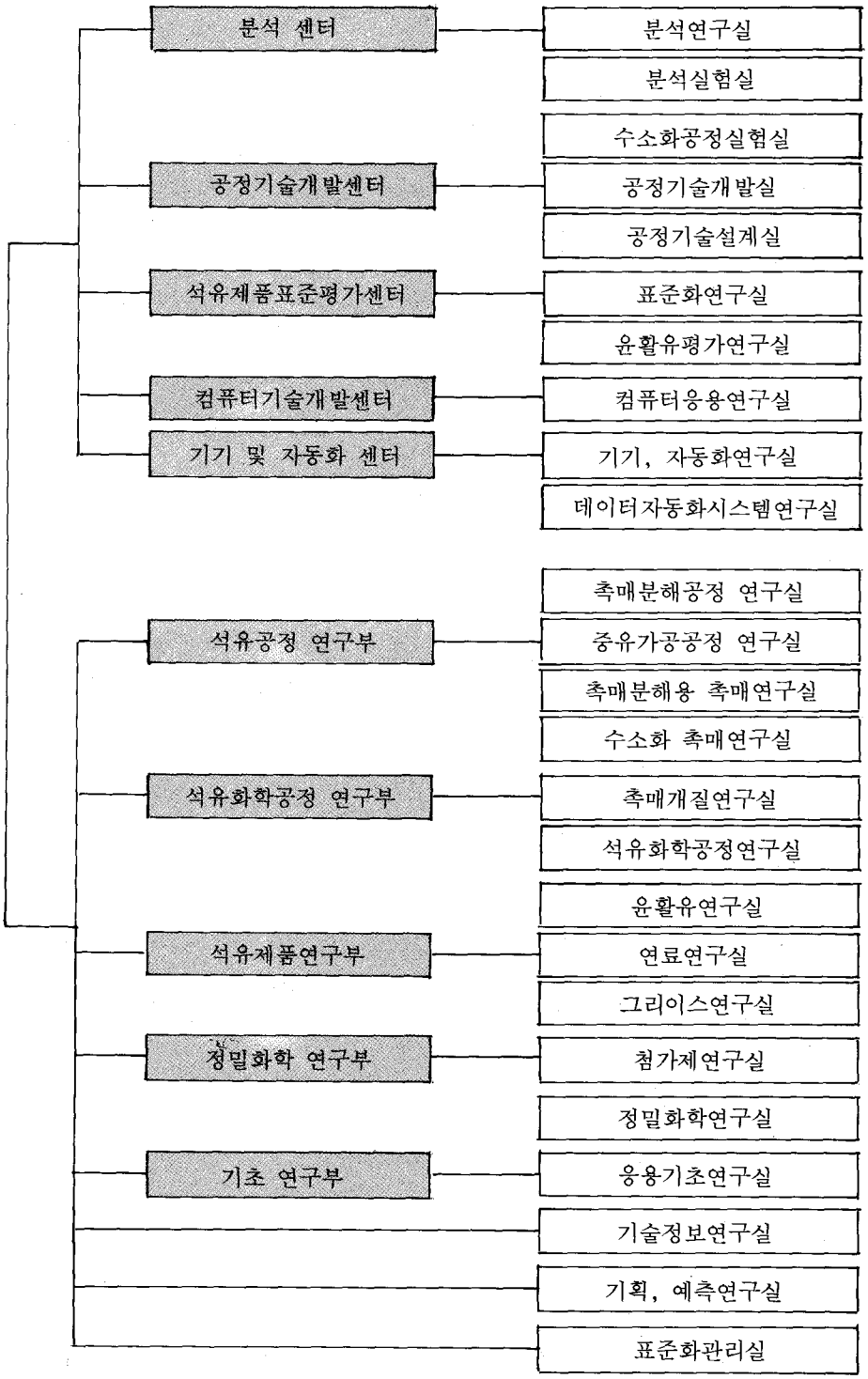
1. 개 요
2. 연구조직
3. 연구개발 현황
4. 시험. 연구 장비
5. 맺 음 말

1. 머리말

중국 석유화공과학 연구원(RIPP)는 중국 석유화공 총공사(SINOPEC)에 의해 1956년 설립된 중국 최대의 석유 및 석유화학 관련 대형 종합 연구기관으로서 석유정제 및 석유화공 공정에 관한 연구개발을 주로하고 있다. 그 세부적인 연구개발 분야를 살펴보면 원유에 대한 분석과 평가, 석유정제와 석유화학 공정 그리고 관련 촉매들, 방향족과 올레핀을 생산하는 기술, 정밀화학, 연료유, 윤활유, 윤활 그리이스 그리고 이들과 관련된 각종 첨가제들, 석유제품의 규격, 분석, 평가, 시험법, 응용기술, 컴퓨터 과학의 소프트웨어 개발, 생물공학 그리고 연구기획 등이다.

RIPP에는 현재 1420명의 각 분야의 여러 전문 기술인력이 있다. 그중 공정사는 359명, 고급공정사 401명, 그리고 53명의 교수급 고급공정사로 구성되어 있다. RIPP는 현대적인 실험장비와 분석과 시험을 위한 각종 장치 그리고 100여개의 파일럿 플랜트를 보유하고 있다. RIPP 설립이래 35년간 과학적 연구결과들은 풍성하게 이루었으며 이들 대부분은 새로운 공장의 건설이나 오랜기간동안 가동되어온 공장들을 개조하는 방법등으로 석유화학 산업에 상업화 되어오고 있다. 그러므로 RIPP는 여러 석유화학업체들에서 새로운 석유화학 제품의 개발에 많은 공헌을 이룩해오고 있다. 1984년 이후 외부세계에 대한 개혁과 개방 방침 아래 RIPP는 관리, 운영 면에서 3가지 근본적인 전환을 실현하였다. 연구분야 만에 치중했던 관리 활동을 연구, 개발 그리고 경영적인 측면으로 그폭을 넓혀나가고 있다. 새로운 석유화학 공정을 개발하는등에 혼신의 힘을 기울이고 있는 것처럼 폐쇄적인 관리가 모든 사회와 영역에 까지 개방되어 있다. RIPP는 새로운 석유화학 기술로써 새로운 기업을 특히 과학적인 연구결과로서 제품 생산과 연계 시키는 기업들을 세웠으며 많은 해외 기업체나 연구소들과 기술제휴나 합작을 이룩해오고 있다. SINOPEC은 RIPP 내에 석유제품규격 표준화센터, 석유제품 품질 감독과 시험을 위한 기술센터, 기술교육 센터, 윤활유 평가센터, 수처리 기술 센터 등을 설립하였으며 모든 이들 센터들은 SINOPEC을 대신하여 RIPP에서 운영하고 있다. 제8차 5개년 계획 기간동안 RIPP는 석유정제와 새로운 석유화학 공정 분야에 보다 더 새롭고 고도의 기술적 성과를 얻는데 더 큰 노력을 경주할 것이다.

2. 연구조직


분석 센터
분석연구실
분석실험실
공정기술개발센터
수소화공정실험실
공정기술개발실
공정기술설계실
석유제품표준평가센터
표준화연구실
윤활유평가연구실
컴퓨터기술개발센터
컴퓨터응용연구실
기기 및 자동화 센터
기기, 자동화연구실
데이터자동화시스템연구실
석유공정 연구부
촉매분해공정 연구실
중유가공공정 연구실
촉매분해용 촉매연구실
수소화 촉매연구실
석유화학공정 연구부
촉매개질연구실
석유화학공정연구실
석유제품연구부
윤활유연구실
연료연구실
그리이스연구실
정밀화학 연구부
첨가제연구실
정밀화학연구실
기초 연구부
응용기초연구실
기술정보연구실
기획, 예측연구실
표준화관리실

3. 연구개발 현황

3.1 원유 분석과 평가

RIPP는 원유의 조성과 구조를 분석하고 평가하는 작업을 수행하고 있다. 그리고 유기 및 무기 원소들의 분석과 촉매들의 물리화학적인 성질들을 측정하여 최종적으로 새로운 공정과 신제품을 개발하고 새로운 분석기법을 수립하는데 분석의 목적을 두고 있다. RIPP는 현장에 분석기술자를 내보내어 현장에서의 분석기술을 지원하고 있으며 SINOPEC 조직원에 대한 훈련도 하고 있다. 지난 10년간 RIPP는 大慶과 같은 중국의 주된 유전으로부터 원유에 대한 평가를 성공적으로 수행하였으며 몇년전부터는 대륙붕에서의 원유나 수입원유에 대한 평가작업도 시작하였다. 그리하여 원유의 정제, 사업상 공정 타진, 정제 공정 설계등을 위해 과학적인 이들에 대한 평가 자료를 제공하고 있다.

3.2 정제공정과 촉매개발

3.2.1 촉매 분해 공정용 촉매와 이를 이용한 새로운 공정의 개발

50년대로부터 70년대까지 RIPP는 유동층 촉매 분해용 합성 비이드 촉매를 같은 촉매 계열(실리카-알루미나 미세입자, FCC용 13X와 Y형 제올라이트를 포함하는 촉매)들을 개발하였다. 5가지의 합성 및 반합성 Y형 제올라이트 촉매들이 현재 Lanzhou General 정유와 석유화학 제품 공장, Changling 정유공장 그리고 Zhoucun 촉매공장에서 생산되고 있다. 80년대에 RIPP는 잔유와 VGO 분해를 위한 ZCM-7, ZCO-7, CHZ 그리고 LCS-7과 같은 극히 안정한 Y형 제올라이트를 개발 하였으며 이들 촉매들은 가솔린의 옥탄가를 향상시키고 동시에 Wuhan General 석유화학 공장에서 실제 응용을 통해 입증된 바와 같이 Coke 수율을 감소시키는데 사용될 수 있다. 60년대와 70년대 촉매 분해 기술에서의 RIPP의 성공후 RIPP는 80년대에 상압잔유와 잔유에 혼합되는 VGO의 촉매 분해공정을 개발하였다. 이 공정은 Mudanjiang, Shijiazhuang, Jiujiang등의 정유공장에서 실제로 건설되어 사용되고 있다. RIPP에서는 중유의 촉매 분해공정의 개발과 함께 역시 옥탄가 향상제, CO 조연제, 중금속 착화제, SOx 흡수제용 촉매등을 개발하였다.

3.2.2 Hydrogenation 촉매와 공정의 개발

80년대에 RIPP는 수소화 처리 촉매인 RN-1을 개발하였으며, 이 촉매로써 방향족 성분의 포화, 탈질소, 탈황을 가능케 하였다. 이 촉매로 RIPP는 1989년 중국 특허청과 세계 지적 재산권 보호기구로부터 금상을 각각 받았다. 촉매 RN-1은 가솔린, 등유, 경유, 코오크 그리고 윤활유에 모두 효과적으로 작용하고 있다. 감압경유가 고압 수소화분해 될때 RN-1 촉매는 첫단계에서 수소화 탈질소 촉매로서 사용될 수 있다. RN-1 촉매는 역시 gas oil의 수소화 반응을 위한 무처리 촉매로서 사용될 수 있다. 이 촉매 및 공정은 Guangzhou General 석유화학 공장과 다른 기업체에서 9개의 수소화 공장에서 이미 실용화 되고있다. 이것을 기초로 하여 RIPP는 현재 수소화 탈질소 촉매인 RN-10과 RN-100, 개질 원유를 위한 수소화 탈황 촉매 RS-1, 왁스 수소화 촉매인 RJW-1, White Oil 수소화 촉매인 RA-1과 RA-10, 수소화 탈금속 촉매인 RM-1, 수소화보호촉매인 RG-1, 활성화 지지체인 RP-1, Arsenic 제거를 위한 촉매 흡수체인 RAs-2, 윤활유 수소화 탈납 촉매인 RDW-1, 윤활유 수소화 처리 촉매인 RL-1 그리고 분해된 원료생산을 위한 GAS Oil 수소화 처리촉매인 RT-1, 이들의 대부분은 이미 산업화되어 사용되고 있거나 가까운 장래에 사용될 것이다. 근년에 RIPP는 gas oil의 수소화 처리, 에틸렌을 위한 분해유 생산을 위한 gas oil의 온화한 조건에서의 수소화 분해반응 그리고 에틸렌을 위한 분해유 생산을 위한 높은 재순환율을 갖는 코오크 가솔린과 경유의 혼합물의 수소화처리와 같은 많은 새로운 공정들을 개발하고 있다.

3.2.3 올레핀 폴리머화 반응을 수반하는 증류분 선택적 분해공정 개발

70년대 RIPP는 촉매로서 새로운 제올라이트를 사용하여 올레핀을 수반하는 유분 선택적 분해의 DSCOP공정을 개발하여 낮은 유동점을 갖는 디이젤유의 생산과 고 옥탄가의 가솔린을 생산가능케

하였다. 이 공정은 높은 수율과 적은 설비 투자로 건설될 수 있다. 이 공정의 산업화는 벌써 Changling 정유공장에서 좋은 경제적인 회전성을 갖고서 실용화 되고 있다. 동시에 촉매로서 실리카 제올라이트를 사용하는 유분 선택적 분해를 수반하는 올레핀 고분자화의 RIPOL 공정은 인산-diatomite의 전통적인 고분자화 촉매보다 더 오래 지속적으로 사용된다. 이들 두가지 공정들은 연속적으로 고분자화와 분해를 일으키며 발열반응에 의해 발생된 열은 흡열반응에 의해 흡수되어서 열소비의 높은 효율을 낳는다.

3.2.4 Technology of Heavy Oil Processing

3.2.5 Technology of Lubricating Oil Processing

RIPP는 윤활유 생산 공정 체제를 개발하였다. 낮은 에너지 소비, 고도의 용제회수, 2단계 프로판 탈 아스팔트 공정, 에너지 절약-적은 용제 회전 그리고 높은 오일과 왁스분 재생을 위한 탈납, 탈유, 결합공정, 수소화 탈산 공정, 수소화 탈납 공정, 수소화 처리공정 그리고 고점도지수 윤활기유 제조를 위한 수소화 처리공정등과 같은 공정들을 개발하였다. 이들 기술들 모두는 중국 국내에 걸쳐서 현재 산업적으로 사용되고 있다.

3.3 석유화학 공정기술과 촉매의 개발

3.3.1 개질촉매와 공정의 개발

60년대 이래 RIPP는 개질촉매와 공정, 방향족과 고 옥탄가 가솔린 생산에서의 중요한 공정에 관한 연구를 진행시켜오고 있다. 여러해에 걸쳐서 RIPP는 단일금속(Pt) 계열의 개질촉매, 3752 여러가지 금속으로 이루어진 개질 촉매를 개발하였으며 뒤이어 속속 대응되는 공정들을 개발하여 이미 산업계에서 인기리에 사용되고 있다. 80년대 RIPP는 CB-6와 CB-7 Pt/Re촉매 그리고 3861-1과 3861-2 Pt/Sn 연속적으로 개질시키는 촉매들을 개발하였는데 그 성능은 외국의 비슷한 촉매들의 성능과 마찬가지로 매우 좋았다. 이들 촉매들은 많은 석유화학 공장에서 자국에서 만들어진 이전의 촉매나 수입된 촉매들을 대체하여 사용되고 있다. 동시에 RIPP는 나프텐의 탈수소화, Arsenic 제거 그리고 탈황에 광범위하게 사용되는 촉매를 개발하였으며 뿐만아니라 촉매 재생기술등도 개발하였다. 촉매 개질공정에 대한 컴퓨터 형상화 프로그램도 RIPP에 의해 개발되고 변형되었다. 그리고 이 프로그램은 공정기술, 설계 그리고 생산에 모두 광범위하게 현재 사용되고 있다. 현재 RIPP는 방향족화에 사용되는 제올라이트 촉매의 연구와 이를 이용한 공정 개발에 착수하였다. 방향족 생산을 위한 촉매 개질공정과 더불어 RIPP는 방향족 추출기술을 개발하여 60년대 그것을 유행시켰다. 현재 용매로서 에틸렌 글리콜을 사용한 완전한 추출체계가 중국에 있다. 어느것이 더 나은지? 에틸렌 글리콜은 디에틸렌 글리콜과 테트라 에틸렌 글리콜에 의해 대체되어졌다. 용매로서 에틸렌 글리콜이나 설포란을 사용한 방향족 추출계통에 대한 컴퓨터 공정 형상화 프로그램(소프트 웨어)는 RIPP에 의해 설계되어 현재 산업계에서 사용되고 있다.

3.3.2 자일렌 이성화 촉매의 개발

70년대와 80년대 RIPP는 부식성이 없는 Jin-1876, SKI-300, SKI-300(B)그리고 SKI-400과 같은 일련의 촉매를 개발하였으며 이 촉매는 파라 자일렌에 대한 높은 수득율을 보였다. 이 촉매들의 성능은 비슷한 외국 촉매들보다 더 좋았으며 현재 이들은 산업체에서 광범위하게 사용되고 있다.

3.3.3 심도 촉매 분해공정 개발

80년대에 RIPP는 심도 촉매 분해 공정(DCC : Deep Catalytic Cracking)을 개발하였으며 이 새로운 공정으로 프로필렌 수율이 20%에 달할 수 있었다. 덧붙혀서 부틸렌, 에텐 그리고 고 옥탄가 가솔린이 동시에 생산될 수 있다. 이것은 상업적이고 실험적인 단계를 벗어나서 이미 미국 서유럽 그리고 일본에서 특허를 획득하여 곧 Anqing, Jingmen 그리고 Zhenhai에 있는 석유화학 공장에서 실용화될 것이다.

3.3.4 폴리프로필렌 촉매의 개발

80년대 초반에 RIPP는 성공이 예상되는 두가지의 높은 수율의 폴리프로필렌 촉매를 실험하기 시작하였으며 현재 산업적 생산을 준비중이다.

3.3.5 생물공학적 개발

80년대 중반 미생물을 이용하여 수화된 아크릴로 니트릴에서 아크릴아미드를 생산키 위한 연구가 시작되었으며 현재 성공 단계에 있다.

3.4 정밀화학

정밀화학 연구개발 분야는 합성윤활유, 윤활유 및 연료유 첨가제, 정밀화학 제품과 유기화학 제품들에 걸쳐 다양하다. 합성윤활유 연구에서는 불화 탄화수소, 염소화-불화 탄화수소, 불화에테르, 실리콘유, 에스테르유, 폴리에테르 그리고 폴리알파올레핀을 포함하여 광범위하게 개발하였다. 독특한 성질들(열저항, 고진공, 화학적 부식 그리고 복사선에 대한 저항, 등)을 나타내는 합성윤활유 개발 제품으로는 고온 합성 항공용 윤활유, 항공기용 합성기어유, 다급 기어유, 저온 유압작동유, 내마모성 유압작동유, 합성 냉동기유, 합성 컴프레셔유 등이다. 개발된 첨가제는 청정 분산제, 금속 활성제, 극압-내마모제, 마찰감소제, 항 유화제, 내 먼지성 첨가제, 중간 유분 증가촉진제 등이다. 이들 제품들은 벌써 산업화되어 사용되고 있으며 알킬 나프탈렌계 유동점 강하제와 폴리알파올레핀계 유동점 강하제 제조공정은 국제 발명가 협회로부터 금메달을 수상하였다. 근년 RIPP는 디 에틸렌 글리콜로부터 모르폴린의 제조공정과 이에따른 높은 선택성과 전환율을 갖는 촉매를 개발하였다. 공정은 준 상업적인 시험을 끝냈으며 이미 중화인민공화국 특허국에 특허를 출원중에 있다. 1,4-부탄디올, r-부티롤 아세톤, 2,6-데메틸 페놀, 유기아민들을 포함한 각종 공정과 촉매들을 개발하였으며 1-헥센모노머 제조에 관한 연구가 현재 진행중에 있다. 근년에 RIPP는 수처리 기술연구를 시작했으며 비슷한 수입제품과 동등하게 좋은 성능을 갖는 RP-51과 다른 세가지 수처리 화학제품을 개발했으며 RP-51과 RP-82는 현재 산업화하여 생산단계에 있으며 RP-51은 대단한 경제적인 이익을 가져오기 때문에 인기이다.

3.5 석유제품 개발과 평가

RIPP의 석유 관련 제품 개발로는 다음과 같은 것들이 있다. SE 혹은 SF 가솔린 엔진유, CC혹은 CD급 디이젤 엔진유, 2륜 구동형 엔진유(I-III급), 제4세대 기관차용 디이젤 엔진유, GL-5 기어유, 고도의 산업용 기어유, 내마모 유압작동유, 내인화성 유압작동유, 저온 유압작동유, 철강과 알루미늄 로울링유 뿐만아니라 고효율 냉동기유, 컴퓨레셔유, 메탄올 연료 자동차용 엔진 윤활유 그리고 단열 엔진유 등이다. 윤활 그리이스에 대하여 RIPP는 각각 다른 용도의 여러가지 윤활 그리이스 뿐만 아니라 고급 윤활 그리이스 생산 공정과 장치들을 개발하였다. RIPP는 여러가지 제트 연료들의 생산과 시험기술을 개발하는데 역시 성공했다. 석유관련제품 개발요구에 충족시키기 위해 SINOPEC은 RIPP에 다음과 같은 장비 : API SE와 SF 가솔린 엔진유 평가를 위한 MS Sequence IID, IIID 그리고 VD 엔진 시험기 API CC와 CD급 디이젤 엔진유 평가를 위한 Caterpillar 1H2와 1G2엔진 시험기, API GL-5 자동차용 기어유 평가를 위한 CRC L-33, CRC L-37, CRC L-42와 CRC L-60 자동차용 기어유 시험기 그리고 마찰, 마모 성능 평가를 위한 여러가지 bench test rig와 평가기기를 갖춘 윤활제 평가센터를 설치했으며 가솔린의 옥탄가와 디이젤 연료의 세탄가 측정을 위한 ASTM/CFR 표준엔진 시험기역시 설치되어 있으며 전체적으로 40대이상의 여러가지 시험기와 bench test 장치, 제트 연료의 성능 평가에 소요되는 장치들이 있다. RIPP는 중국국가 석유제품 표준화 기술 연구소이며 동시에 ISO/TC-28의 회원으로서의 기술 연구소이며, 석유제품 표준화를 위한 연구, 제정, 기술적인 심사와 표준화안들의 출판등을 담당하고 있다. RIPP는 SINOPEC과 중국국가 기술감독국의 위임을 받아 연구원 내에 감독 센터를 설립하여 중국국내의 정유소에서 생산되는 연료유들, 윤활제 그리고 윤활 그리이스에 대한 품질관리, 감독과 품질평가를 실시하고 있다.

3.6 공정기술 개발과 컴퓨터 응용기술

공정기술개발 분야에 있어서 RIPP는 주로 공정흐름도, 기술과제에 대한 생산성 연구, 과제에 대한 기초설계와 기술적이고 경제적인 타당성 검토에 연구를 집중하고 있다. 이와 더불어 RIPP는 작은 규모의 공장을 위한 자세한 기술적 설계를

수행할 능력을 보유하고 있다. RIPP는 촉매분해, 촉매개질, 수소화 반응공정 그리고 ASPENPLUS와 같은 일반적인 공정 흐름도 형상화기와 같은 기술적인 설계에 모방 소프트웨어를 응용해오고 있다. RIPP는 역시 방향족 추출공정, 촉매 개질 공정, 잔유를 포함한 중유의 촉매 분해를 위한 최적관리등을 위한 많은 모방 소프트웨어를 개발했다. RIPP는 과학적인 연구, 설계 및 산업화 생산을 용이하게 하기 위해 정제공정을 최적화 시키고 실험으로부터의 데이터들을 공정화할 수 있고, 과학정보를 만회할수 있고, 컴퓨터 조작 운영을 실행 시킬 수 있는 대형 컴퓨터와 140대의 소형 컴퓨터를 보유하고 있다.

RIPP에 의해 개발된 생산계획과 운영 소프트웨어는 커다란 경제적 실익을 가지고서 성공적으로 사용되고 있다. 현재 RIPP는 정제과정 전공정에 대한 최적화 소프트웨어, 인공지능 시스템, 석유정제 및 석유화학 계획용 모델 일반화 시스템 그리고 SINOPEC을 위한 운영 정보 시스템을 개발중에 있다.

공정관리 분야에 있어서 RIPP는 암모니아 합성장치, 요소 생산공장, 상, 감압증류장치, 완만한 공정가동에 있어서의 모든것인 다양한 여러가지 분포관리 시스템(distributed control system : D-SC)을 설치했다.

3.7 기술제휴와 경영

과학적 연구의 경제적 기여와 과학적 연구에서의 체계적 개선을 실제적으로 증진시켜야 한다는 주된 방침에 따라 RIPP는 연구, 개발 그리고 기술적인 면에서의 상업적 경영체제등의 전반을 이룩하기 위하여 연구의 본질적인 활동 그리고 제품 개발의 활동을 확장 시켰다. 그리하여 RIPP는 SINOPEC 산하 35개 기업과 장기간 기술적 협력에 조인했으며 115개의 중소기업체와 RIPP의 기술적 개발 사항에 대한 사용관계를 수립하여 약 600항목의 기술적 공여와 기술자문을 해오고 있다. RIPP는 3개의 수출형 외자 합작 공사, 4개의 기술개발회사(공장) 그리고 5개의 연구 및 생산 복합 공사를 설립하였으며 나아가서 RIPP는 미국, 프랑스, 태국 그리고 독일 기업체들과 기술제휴 또는 기술이전 계약을 체결하였다. 그리하여 기술개발의 상업화를 가속화 시켰으며 자체 기술개발 능력을 강화시키고 점차로 국제 기술시장에로의 진출을 꾀하고 있다.

3.8 인재 양성과 공정기술교육

RIPP의 인재 양성센터, SINOPEC의 지속적인 공정기술 교육센터는 3개의 부서로 구성되어 있는데 그것은 박사학위후 박사 연수과정부, 기술훈련부 그리고 외국어 교육부가 그것이다. 박사 연수과정부는 석유정제나 석유화학 산업분야에서의 박사급 고급 기술인력에 대한 연수를 실시한다. RIPP는 유기화학 산업(석유공정기술) 그리고 응용화학(기기분석과 석유화학) 분야에서 석,박사 학위를 수여할 수 있으며 그동안 12명의 박사와 159명의 석사를 배출하였다. 기술훈련부는 RIPP의 기술인의 훈련뿐만 아니라 SINOPEC 산하 모든 공장에서 근무하는 고급 기술인들에 대한 지속적인 공정기술교육 훈련 프로그램을 운영한다. 외국어 교육부는 RIPP와 SINOPEC 산하 기술인들에게 외국어 교육과정을 이수케 하고 있다.

4. 시험, 연구장비

RIPP에서 현재 보유하고 있는 석유제품 분석용 기기분석장비에 대하여 소개하여 보면 다음과 같다.

1) mass spectrometer
2) energy diffusion x-ray spectrometer
3) gas and liquid chromatograph
4) nuclear magnetic resonance spectrometer
5) infrared spectophotometer
6) ultraviolet spectrophotometer
7) atomic absorption spectrophotometer
8) inductively coupled plasma atomic emission spectrometer
9) laser raman spectrophotometer
10) x-ray fluorescence spectrometer
11) x-ray diffraction spectrometer
12) differential scanning thermal analysis system
13) transmission electronic microscope
14) scanning electronic microscope

5. 맺음말

산유국이면서 그동안 국내에 잘알려지지 않았던 중국 석유 및 석유화학에 대한 연구, 개발에 대해서 본고에서는 중국석유화공총공사 산하 중국 최대의 중국석유화공과학연구원을 중심으로 그 현황을 소개하였다. 석유정제 및 석유화학 공정 그리고 관련 촉매의 개발과 사용, 합성 윤활유의 개발, 연료유 및 윤활유 첨가제의 개발 이들의 상업적 이용을 위한 산업화등은 한국의 이들 분야에 대한 연구개발과 좋은 비교가 될 것이며 우리나라에 비해 월등히 앞선 이들의연구개발과 산업화에 놀라지 않을 수 없었다. 가까운 지리적 여건과 국교 수립 후 많은양의 원유를 현재 도입하고 있으며 기술의 대비 대일본 의존도를 낮추고 무역수지 면에서의 여러가지 변수를 감안할 때 이들의 개발 기술의 활용을 위한 RIPP와의 기술제휴 및 공동연구개발등은 국내 석유 관련 산업체등에서 검토할 가치가 있다고 생각된다.

에너지는 알뜰하게 절약은 꾸준하게