

오일샌드 오일 처리기술의 특허분석에 의한 기술동향 연구

박근익, 한삼덕, 한혜정,[†] 강경석,[†] 배위섭,[‡] 이영우*

충남대학교 공과대학 화학공학과
305-764 대전광역시 유성구 궁동 220

[†](주)시온텍
305-500 대전광역시 유성구 용산동 530

[‡]세종대학교 자연과학대학 지구환경과학과
143-747 서울특별시 광진구 군자동 98

(2009년 7월 26일 접수; 2009년 8월 24일 채택)

A Study on the Trend of Technology for the Treatment of Oil from Oilsands by Patent Analysis

Kunyik Park, Sam Duck Han, Hye Jung Han,[†] Kyung Seok Kang,[†]
Wisup Bae,[‡] and Young Woo Rhee*

Department of Chemical Engineering, Chungnam National University
220 Gung-dong, Yusung-gu, Daejeon 305-764, Korea

[†]Siontech Inc.
530 Yongsan-dong, Yusung-gu, Daejeon 305-500, Korea

[‡]Department of Earth and Environmental Sciences, Sejong University
98 Gunja-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-747, Korea

(Received for review July 26, 2009; Accepted August 24, 2009)

요 약

오일샌드는 석유를 대체할 에너지원의 하나로서 그 중요성이 갈수록 부각되고 있다. 본 논문에서는 특허분석에 기초하여 오일샌드 오일처리 기술의 기술동향을 조사·분석하였다. 특허분석에 사용된 특허는 1973년부터 2009년까지의 특허로 한정하였다. 오일샌드 오일처리 기술동향은 출원년도, 출원국가, 기술의 종류 그리고 주요 출원인으로 분류하여 분석되었다.

주제어 : 오일샌드, 오일처리 기술, 특허분석, 기술동향

Abstract : As a kind of an energy source to replace petroleum, the importance of oilsands is being emphasized as time goes on. In this paper, the trend of technology for the treatment of oil from oilsands was scrutinized using the patent analysis. The patents analyzed here were limited to them issued from 1973 to 2009. The technology trend of oil treatment of oilsands was analyzed by classifying each patent based on the year of publication, the country, the type of technology, and the major applicant of the patent.

Keywords : Oilsands, Oil treatment, Patent analysis, Trend of technology

* To whom correspondence should be addressed.
E-mail: ywrhee@cnu.ac.kr

1. 서론

아직 수소에너지 사회로 전환하지 못한 현대사회는 사용하고 있는 에너지의 대부분을 석유에 의존하고 있다. 그러나 영국의 민간 싱크탱크 석유고갈분석센터(Oil Depletion Analysis Centre, ODAC)는 2007년에 세계 석유 생산량은 늦어도 2011년 전에 정점에 이르고, 이후 급락할 것이라는 경고를 발표한다. 특히 생산 여건이 좋은 원유는 이미 2005년 전후로 생산량이 정점에 도달하였으며, 생산여건이 나쁘거나 품질이 떨어지는 중유도 2011년에는 생산량이 정점에 이를 것으로 분석되고 있다[1]. 이에 대비하여 세계 각국은 대체에너지와 비재래 석유에 대한 개발에 매진하고 있다. 비재래 석유는 기존의 석유와 유사한 탄화수소의 형태를 하고 있는 에너지원으로 오일샌드(oilsands), 오일셰일(oil shale), 가스하이드레이트(gas hydrate), 치밀가스(tight gas), 석탄층메탄(coal bed methane) 등이 있다. 이 중에서도 최근 오일샌드가 부각되고 있다[1,2].

오일샌드란 비튜멘(bitumen), 모래, 물, 점토의 혼합물로서 비튜멘을 포함하고 있기 때문에 소정의 공정을 거치게 되면 석유를 대체하여 사용할 수 있다. 오일샌드는 효율은 낮지만, 매우 많은 매장량을 보유하고 있다. 특히 캐나다 앨버타 주의 오일샌드의 매장량은 약 8,300억 배럴로 매우 거대한 매장량을 보유하고 있다[3-5]. 오일샌드를 잘 개발하여 활용하면 차세대 에너지로 넘어가는 과도기를 지탱하는 힘이 될 것이다. 오일샌드를 활용하기 위해 필요한 여러 단계의 기술 중 지하에서 지상으로 수집된 오일샌드에 포함된 오일을 분리하는 기술이 매우 중요하다. 이에 본 논문에서는 특허분석을 통하여 오일샌드 오일처리 기술의 동향을 분석하였다.

2. 오일처리 기술의 분류

오일샌드 오일처리 기술을 Table 1과 같이 1차 분리와 2차 분리로 구별하여 분류하였다. 1차 분리기술에는 free water knock-out (FWKO)이 있다. 그리고 2차 분리기술에는 화학적 항유화제를 이용하는 방법, 정전기력을 이용하는 방법, 원심력과 중력을 이용하는 방법, 생물학적 방법, 마이크로파를 이용하는 방법 등이 있다.

2.1. Free water knock-out (FWKO)

FWKO는 기체, 오일, 물의 혼합물을 분리하는데 사용하는

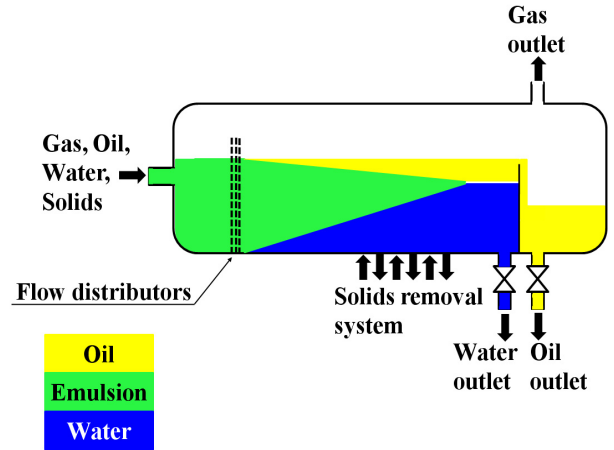


Figure 1. Schematic diagram of FWKO[8].

기술이다. 그 원리는 긴 체류시간동안 중력에 의해 분리되는 것으로 위어(weir)에 의해 각각의 흐름으로 분리된다. 보통 침전과 유착의 두 가지 물리적인 힘이 작용하는데 오일과 물의 밀도 차이에 의해 침전이 일어나고 액적이 유착하여 점점 커지면서 분리속도가 빨라진다. Figure 1에 FWKO의 기본적인 구조에 대해 나타내었다[6-9].

2.2. 화학적 항유화제를 이용한 분리기술

화학적 항유화제를 사용하는 분리기술은 오일과 물을 분리하는데 가장 널리 사용하는 방법으로 그 현상에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다[10-12]. 오일과 물을 분리하는 화학적 첨가제를 항유화제라고 하며 그 종류에는 산, 폴리아민(polyamine), 다가 알코올(polyhydric alcohols) 등이 있다. 물/오일 에멀전의 안정성은 물과 오일의 계면에 의존하는데, 항유화제를 사용하면 물/오일 에멀전 층의 두께와 강도가 감소하게 된다. 이 현상에 영향을 미치는 요인으로는 분자구조, 계면의 점도, 분자량, 계면장력, HLB (hydrophilic lipophilic balance), RSN (relative solubility numbers) 등이 있다[13].

이 방법은 화학적 첨가제를 사용하여 물/오일 에멀전의 계면의 성질을 변화시켜 물을 더 쉽게 분리시킬 수 있는 장점이 있으나, 분리 후 남은 첨가제나 분리된 물의 오염으로 인해 문제가 될 수 있다. 하지만 이는 2차적인 처리방법이나 독성이 없는 첨가제의 사용 등으로 해결할 수 있다[14].

2.3. 정전기적 성질을 이용한 분리기술

정전기적 성질을 이용한 분리방법은 물, 오일의 각각의 상이 가진 서로 다른 전기적 성질을 이용하여 분리하는 방법이다. 보통 중력을 이용한 분리방법은 두 물질의 큰 밀도차를 이용하는 것인데, 전기장을 이용한 분리방법은 밀도 차이가 거의 없을 때 사용하는 방법이다[15,16]. 이 방법은 물의 낮은 유전율을 이용하여 오일에 퍼져있는 물방울의 크기를 점점 증가시켜 침전의 속도를 증가시킨다[17]. 이 현상에 대해서 아직 명확하게 밝혀지지지는 않았지만 사슬형성(chain formation), 유전영동

Table 1. Classification of oil treatment technology

Classification	Methods
Primary separation	<ul style="list-style-type: none"> Free water knock-out
Secondary separation	<ul style="list-style-type: none"> Chemical demulsifier Electrostatic Centrifugal & Gravity Biological Microwave, etc.

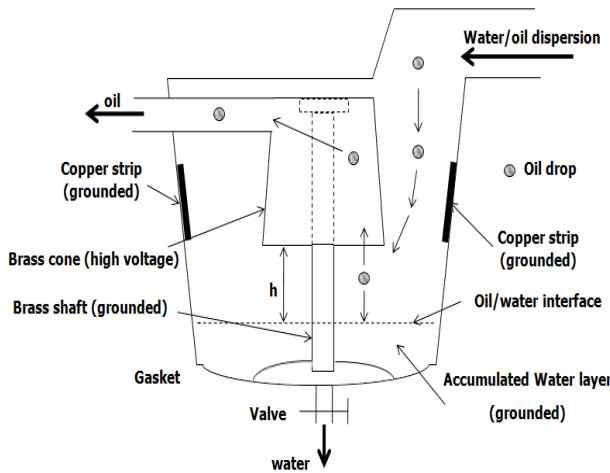


Figure 2. Electrostatic field separation technology[23].

(dielectrophoresis), 전기영동(electrophoresis), 분자간 결합의 형성(formation of intermolecular bonds), 쌍극자 유착(dipole coalescence), 무작위 충돌(random collisions)과 같은 이론으로 설명할 수 있다고 보고되고 있다[18,19].

물/오일 에멀전의 정전기적 성질을 이용한 분리 방법은 다른 물리적인 방법보다도 우수한 방법으로 알려져 있다. 화학물질을 첨가하지 않아도 되고 기계적인 결합이 없는 장점이 있지만, 전기장을 걸어주다가 멈추면 다시 물방울이 바로 분산되고 [20,21], 높은 전압을 걸어주어야만 유착이 쉽게 이루어진다는 단점이 있다[22]. Figure 2에 전기적 유착 분리의 모식도를 나타내었다.

2.4. 중력과 원심력을 이용한 분리기술

중력과 원심력에 의한 분리방법은 1차 분리의 FWKO 방법과 같은 원리를 이용하는 방법이다. 이 분리기술은 에멀전의 분리에 효율적인 방법이지만 운전을 유지시키는데 상당한 비용이 들어가는 문제점이 있다. 중력에 의한 분리방법은 두 상의 밀도차가 매우 작거나 한 개의 상 이상이 점도가 매우 클 때 분리하기 힘들다[23]. 중력을 이용한 분리기술은 1차 분리기술에 많이 사용된다.

2.5. 생물학적 방법에 의한 분리기술

생물학적 성질을 이용한 분리방법은 박테리아와 배양된 효모를 사용하는 것으로, 높은 효율을 보이고 미생물 그룹과 생분해공정의 안정화의 장점이 있다. 하지만 이를 얻는데 어려움이 있으며, 높은 운전비용을 소비하는 단점이 있다[24,25].

2.6. 마이크로파에 의한 분리기술

전형적인 열처리에 의한 분리방법은 물질 표면에서 열의 대류, 전도, 복사를 통해 에너지를 전달하여 분리하는 방법이다. 반면에 마이크로파에 의한 분리방법은 마이크로파 에너지가 직접 에멀전의 분자 간 상호작용을 일으켜 분리하는 방법이다[26].

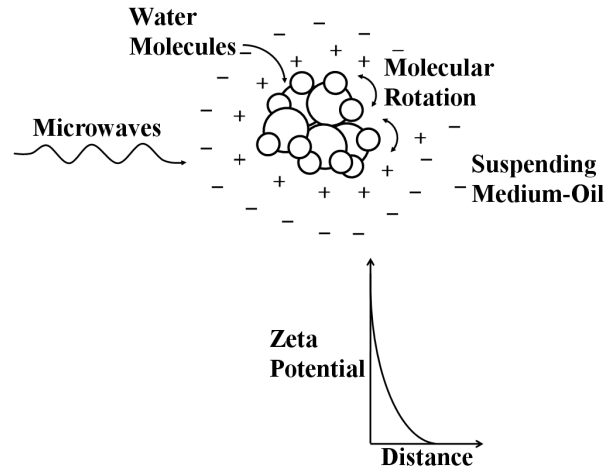


Figure 3. Principle of microwave heating separation[27].

Figure 3에 마이크로파에 의한 분리방법의 원리를 나타내었다. 물/오일 에멀전에 마이크로파를 조사할 때, 두 가지 현상이 동시에 일어난다. 첫 번째 현상은 온도가 올라감에 따라 점도가 감소하여 유착이 일어나는 것이고, 두 번째 현상은 분자의 회전으로 에멀전의 제타포텐셜이 감소한다[27].

마이크로파 조사시간과 물과 오일의 함량이 분리효율에 영향을 미친다[26-28]. 이 분리방법은 화학물질을 첨가하지 않기 때문에 오염물질을 배출하지 않고, 열이 균일하고 빠르게 전달된다는 장점이 있다. 하지만 물/오일 에멀전보다 오일/물 에멀전에서 효율이 더 좋으며, 에너지 집약적이라는 단점이 있다[29].

2.7. 그 밖의 방법에 의한 분리기술

그 밖에도 pH에 의한 분리방법, 멤브레인을 이용한 분리방법 등이 있다. pH에 의한 분리방법은 오일/물 에멀전을 분리할 때만 사용되는 방법이다[23,30]. 그리고 멤브레인을 이용한 분리방법은 에멀전의 물방울이 다공성의 멤브레인을 통과하여 분리가 이루어지는 분리방법으로, 물/오일 에멀전이 친수성의 다공성 멤브레인 표면을 통과해 pore wall에서 물방울의 흡착이 발생하고 이 물방울들이 그 표면에 모이고 유착되어 분리되는 방법이다[20]. 에멀전에서 물을 제거하는 전형적인 여과방법으로는 투과증발(pervaporation), 역삼투(reverse osmosis), 한외여과(ultrafiltration), 미세여과(microfiltration) 등이 있다[23, 31-33]. 이 분리방법은 오일/물 에멀전에서 많이 연구되어지고 있지만 물/오일 에멀전에서의 연구는 아직까지 부족한 단계이다[34].

3. 오일샌드 오일처리 기술 관련 특허분석

3.1. 특허분석 기준

1973년부터 2009년 5월까지의 기간에 등록 또는 공개된 특허 271건을 특허분석 대상으로 하였다. Table 1의 기술 분류에 따른 기술별, 그리고 국가별로 특허를 분석하였다. 특허출원 후

1년 6개월 이후에 공개되는 특허제도의 특성상 2008년도부터 미공개특허가 존재하므로 본 논문에서 다룬 데이터의 신뢰기간은 2007년까지이다.

분석지표는 거시적 분석과 심층적 분석으로 대별된다. 거시적 분석에서는 연도별 국가별 특허건수 및 누적건수 추이, 각 국가별 특허건수 및 점유율, 각 국가별 특허출원/출원인 국적 점유율을 분석하였다. 심층적 분석에서는 특허활동지수(AI: activity index), 피인용비(CPP: cites per patent), 영향력지수(PII: patent impact index) 및 기술력지수(TS: technology strength)를 분석하였다.

특허활동지수(AI)는 특정 기술 분야에서 특정 출원인(특허권자)의 상대적 집중도를 살펴보기 위한 지표로서 그 값이 1보다 큰 경우에는 특허활동이 상대적으로 활발함을 나타낸다. AI는 Eq. 1과 같이 정의된다.

$$AI = \frac{\frac{\text{Application number of specific applicants for specific technology}}{\text{Total patent applications of specific technology}}}{\frac{\text{Application number of specific applicants}}{\text{Total patent applications}}} \quad (1)$$

피인용비(CPP)는 피인용회수를 특허건수로 나눈 값으로 차후 인용회수(forward citation)를 이용하여 본 특허가 차후에 발생하는 특허에 얼마나 응용되고 있는지에 대한 특허의 유용성을 파악할 수 있는 지표이다. CPP가 높다는 것은 본 특허가 다른 기술 혁신에 미치는 영향력이 높음을 의미하며 가치가 높은 특허로 추정할 수 있다.

영향력지수(PII)는 특정 기술 분야의 특정 출원인의 CPP를 전체 CPP로 나누어 표준화한 지표로서 PII가 2이면 평균보다 2배 높은 빈도로 인용된다는 것을 나타낸다. 또한 기술력지수(TS)는 특허건수와 영향력지수를 곱한 값으로 기술력의 척도를 나타낸다[35,36].

3.2. 오일샌드 오일처리 기술 관련 특허의 전체특허 동향

3.2.1. 오일샌드 오일처리 기술 관련 특허의 연도별 동향

오일샌드 오일처리 기술의 연도별 전체 특허출원 건수 및 누적 건수를 Figure 4에 나타냈다. 오일샌드 오일처리 기술의 연도별 특허출원 동향을 살펴보면 1973년부터 최근까지 꾸준한 특허활동을 한 것으로 미루어 과거부터 이미 많은 연구가 진행된 것으로 판단된다. 1977년까지는 10건 이하의 다소 미미한 활동을 보였으나, 증가세를 보이며 1978년 ~ 1984년에 75건의 특허를 출원하여 본격적인 출원이 이루어지는 것으로 나타났다. 이 구간에서 가장 활발한 특허를 출원한 출원인은 미국의 Texaco사로 매년 1~2건의 특허를 꾸준히 출원하였고, 일본의 Nippon Steel사는 1978년 4건, 1982년 1건의 특허를 출원하였다. 이후 1985년부터 감소세를 보이며 1994년까지 매년 10건 이내의 특허활동을 하고 있는 것으로 나타났다. 2차적으로 본

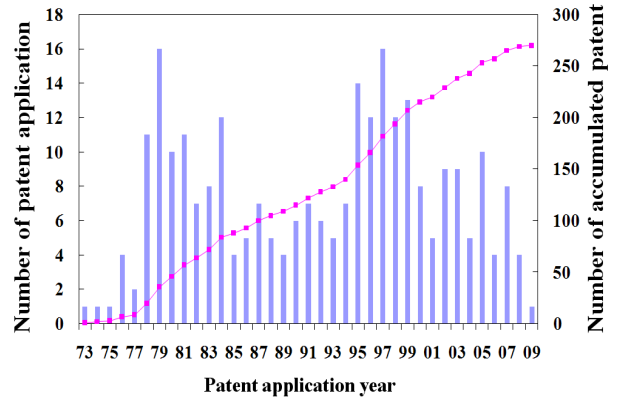


Figure 4. The number of patent applications by year.

격적인 특허출원 경향을 보이는 시기는 1990년대 후반으로 1995~1999년까지 5년간 67건의 특허를 출원하여 전체특허건수의 약 25%의 특허가 출원되었다. 이 구간에서 활발한 특허를 출원한 기업은 미국의 BetzDearborn사로 매년 3건 이내의 특허를 출원하여 이 구간에 총 7건의 특허를 출원하였으며, 노르웨이의 Kvaerner Process Systems사와, 미국의 Imperial Petroleum Recovery사가 각각 5건의 특허를 출원하였다.

오일샌드 오일처리 기술 관련 특허는 2000년대 들어서 매년 10건 이내의 특허를 출원하면서 서서히 감소하는 경향을 보이고 있지만, 2008년 이후의 미공개 또는 심사 중인 데이터를 감안한다면 특허출원은 꾸준할 것으로 예상된다.

3.2.2. 포트폴리오로 본 오일샌드 오일처리 기술 관련 분야의 위치

특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 관련기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오를 Figure 5와 같이 만들었다. Table 2에 나타난 것처럼 특허건수와 출원인수 변화에 따른 관련기술의 위치를 5단계 즉, 도입기, 발전기, 성숙기, 퇴조기, 부활기로 분류하여 분석하였다. 출원인수와 특허건수가 모두 감소하는 경향으로 보였으나, 다시 증가하는 발전기를 지나 최근

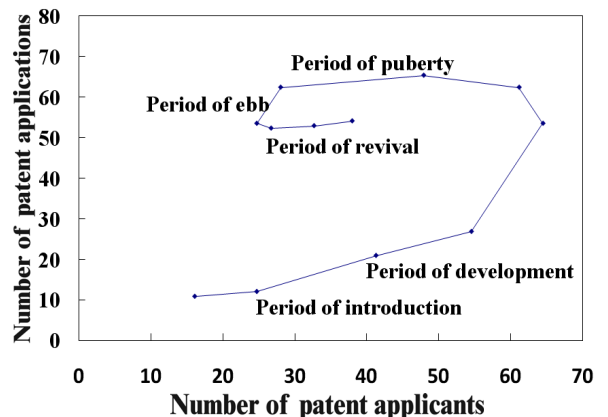


Figure 5. Portfolio of oil treatment technology from oilsands.

Table 2. Interrelation between the number of patent applications and patent applicants

Period	Feature
Introduction	Increasing patent application and increasing patent applicant shortly
Development	Increasing patent application and patent applicant
Puberty	Decreasing patent application but increasing patent applicant
Ebb	Decreasing patent application and patent applicant
Revival	Increasing patent application and patent applicant

구간에서 출원인수와 특허건수가 대폭 감소한 것으로 보아 기술적 퇴조기에 진입한 것으로 예상된다.

3.2.3. 국가별 특허 동향 및 점유율

Figure 6은 출원국가별로 특허출원 건수를 나타낸 그래프이다. 미국이 193건을 출원하여 전체 271건 중 71.2%의 점유율로 전체 특허의 과반수를 차지하고 있다. 다음으로 유럽이 38건으로 14.0%의 점유율을 보이고 있으나, 이는 유럽연합(EP) 특허만을 수집하여 분석하였기 때문으로 실제로 독일 등 유럽 각국의 특허를 수집하여 취합하면 더 많은 특허 출원을 보일 것으로 생각된다. 일본은 37건을 출원하여 13.7%의 출원점유율을 보이고 있고, 한국은 3건의 특허를 출원하여 가장 낮은 출원건수를 보이고 있다.

Figure 7은 연도별 특허출원동향을 국가별로 나타낸 그래프이다. 미국은 1973년 Maloney-Crawford Tank사의 특허를 시작으로 1978년 이후부터 특허수가 증가하는 것으로 나타났다. 매년 5건 이내의 특허를 출원하다가 1979년 11건을 출원하여 전년 출원건수의 약 2배가량의 증가를 보였고, 이후 1984년까지 매년 5~10건의 특허를 출원한 것으로 나타났다. 이후 감소세를 띠면서 1985년부터 1994년까지 매년 5건 이내의 특허를 출원하였고, 1990년대 후반 들어서 다시 증가세를 보이며 2차

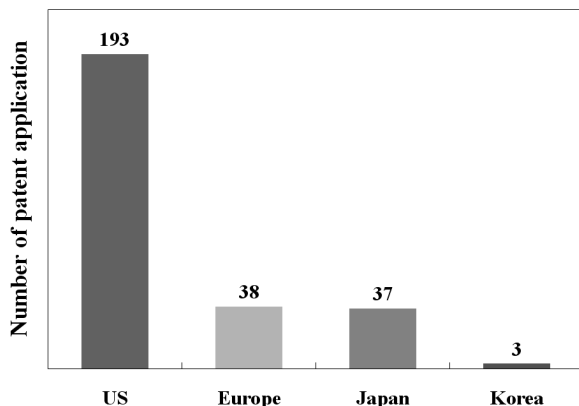


Figure 6. The numbers of patent applications by country.

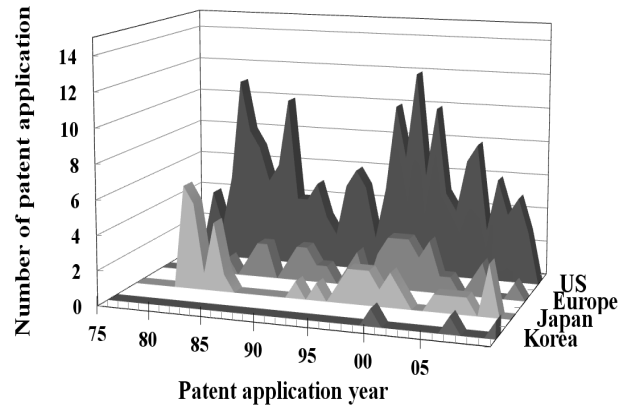


Figure 7. The patent application trend for four countries being compared.

적으로 본격적인 특허활동이 나타나고 있다. 1995년부터 1999년까지 5년간 출원된 특허건수는 45건으로 전체 미국의 출원건수 193건의 23.3%를 차지하고 있고, 2000년 이후부터 최근까지는 다소 감소하는 양상을 보이고 있다. 1차 성장세 구간인 1978년부터 1985년까지 활발한 특허활동을 보인 기업으로는 Texaco사, Magna사, ExxonMobil사 등으로 나타났고, 2차 성장세 구간인 1995년부터 1999년 사이에 활발한 특허활동을 보인 기업으로는 BetzDearborn사, Kvaerner Process Systems사, Imperial Petroleum Recovery사 등으로 나타났다. 2000년 이후부터 최근까지 가장 활발한 특허활동을 보인 출원인은 M-I LLC사로 미국 내 출원 건수가 4건으로 나타났으며 미공개 및 심사 중인 특허수를 감안한다면 최근에 들어서도 특허활동이 활발한 것으로 판단된다. 미국 내 외국특허권자는 1975년 이후부터 출원건수를 보이고 있으며 자국민 출원인에 의한 특허활동이 61.5%로 외국출원인의 점유율에 비해 앞서는 것으로 나타났다. 외국 출원인의 경우 캐나다가 15.6%로 가장 높게 나타났으며 독일, 영국, 노르웨이 등 유럽국가 순으로 나타났다.

유럽은 1980년 처음 특허가 출원되었으며 2008년까지 매년 3건 이하의 특허가 출원하면서 소극적 출원경향을 보이고 있다. 유럽에서 가장 활발한 특허활동을 하는 출원인으로는 BASF사와 Hoechst사 등의 자국 출원인이 있으며 Baker Hughes사 등의 미국 출원인이 있다. 유럽 내 출원 점유율은 독일 출원인이 35.9%로 가장 높은 것으로 나타났으며 비유럽 출원인으로는 미국이 23.1%로 가장 높은 출원 점유율을 차지하는 것으로 나타났다.

일본은 1978년 처음 특허가 출원되었으며 1978년이 6건으로 가장 많이 특허를 출원한 이후 감소하는 양상을 보이다 1981년 5건으로 증가하였지만 이후 매년 3건 이하의 특허를 출원하면서 소극적 출원 경향을 보였다. 일본에서 가장 활발한 특허활동을 하는 출원인으로는 Nippon Steel Chem, Hitachi, Shinnitsuka Kankyo사 등으로 나타났다. 자국출원인에 의한 특허활동이 78.4%로 외국출원인의 점유율에 비해 앞서는 것으로 나타났으며, 외국 출원인의 경우 독일이 10.8%로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 미국, 프랑스, 중국 순으로 나타났다.

Table 3. Top 7 major patent applicants of four countries being compared

Rank	U.S.A.		Europe		Japan		Korea	
	Applicant	Share	Applicant	Share	Applicant	Share	Applicant	Share
1	BetzDearborn	20.5% (9)	BASF	31.3% (5)	Nippon Steel	22.7% (5)	Total S.A.	33.3% (1)
2	Texaco	20.5% (9)	Hoechst	18.8% (3)	Mitsubishi	18.2% (4)	Energy BioSystems	33.3% (1)
3	ExxonMobil	15.9% (7)	Baker Hughes	12.5% (2)	Hitachi	18.2% (4)	CE Tech	33.3% (1)
4	Conoco	15.9% (7)	British Petroleum	12.5% (2)	Shinnitsuka Kankyo	13.6% (3)		
5	Magna	9.1% (4)	Kvaerner Process Systems	12.5% (2)	Clariant International	9.1% (2)		
6	Marathon Oil	9.1% (4)	Cognis Deutschland	6.3% (1)	Toho Chem	9.1% (2)		
7	Baker Hughes	9.1% (4)	Huels	6.3% (1)	KAO	9.1% (2)		

한국은 1998년 에너지 바이오시스템사의 특허를 시작으로 2005년, 2009년에 각각 1건으로 소극적 출원 경향을 보였다. 그러다가 1990년 후반부터 특허활동을 하고 있는 것으로 나타나며, 아직 미공개 또는 심사 중인 데이터를 감안한다면 특허 출원건수가 다소 증가할 것으로 판단된다. 출원인을 살펴보면 미국, 프랑스, 노르웨이의 외국 출원인으로서 내국인 출원인은 없는 것으로 나타났다.

3.2.4. 전체 및 국가별 주요 출원인

Figure 8은 오일샌드 오일처리 기술 관련 특허의 주요 출원인(상위 10위)을 나타낸 그래프이다. 오일샌드 오일처리 기술 관련하여 미국의 Texaco사와 BetzDearborn사가 관련기술에서 가장 많은 특허인 9건을 출원하였고, 독일의 Hoechst사가 8건, 미국의 Conoco사와 ExxonMobil사, 독일의 BASF사가 각각 7건의 특허를 출원하여 오일샌드 오일처리 기술과 관련하여 주로 미국과 독일 기업이 주를 이루고 있는 것으로 나타났다. 이외에 일본의 Mitsubishi사, 노르웨이의 Kvaerner Process Systems A.S., 미국의 Baker Hughes Incorporated사가 각각 6건, 일본의 Nippon Steel사가 5건의 특허를 출원한 것으로 나타났다.

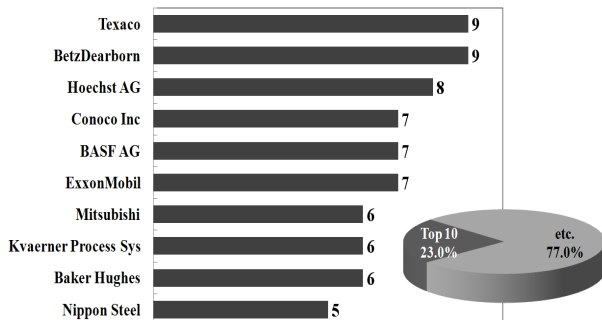


Figure 8. The top 10 major patent applicants.

Table 3은 국가별 주요 출원인의 출원현황을 분석한 표이다. 미국은 BetzDearborn사와 Texaco사가 9건, 유럽은 BASF사가 5건, 일본은 Nippon Steel사가 5건의 특허를 출원하여 가장 많은 특허를 출원한 것으로 나타났으며, Baker Hughes사는 미국과 유럽에서도 주요 출원인에 포함되어 있다. 미국은 자국 출원인과 외국 출원인이 모두 주요 출원인으로 나타났고, 유럽과 일본은 자국 기업이 주요 출원인으로 나타났으며, 한국은 주요 출원인이 모두 외국 출원인인 것으로 나타났다.

3.2.5. 세부기술별 현황

Figure 9는 오일샌드 오일처리 기술에 관한 세부기술별 주요 출원인의 점유율을 나타낸 그래프이다. 세부기술별 주요 출원인 점유율을 살펴보면 2차 분리 226건(83.4%), 1차 분리 45건(16.6%) 순으로 나타난다. 2차 분리에서 chemical demulsifier가 226건 중 133건으로 58.8%의 점유율을 차지하여 타 세부기술에 비교해 볼 때 가장 높은 집중률을 보였고, 다음으로 electrostatic 30건(13.3%), centrifugal & gravity 23건(10.2%), biological 6.2%, 기타 6.2%, microwave 5.3% 순으로 나타났다.

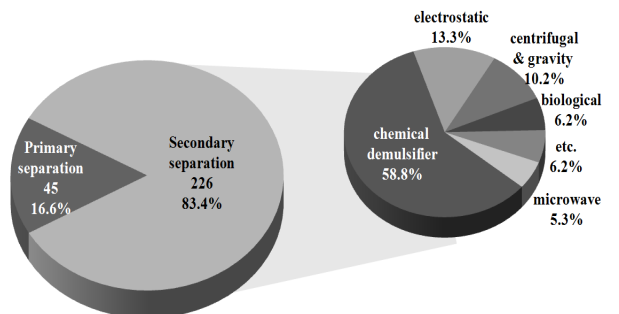


Figure 9. The percentage of major patent applicants for each of the detailed technologies.

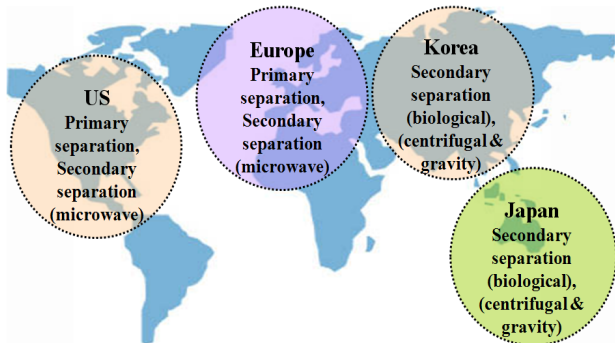
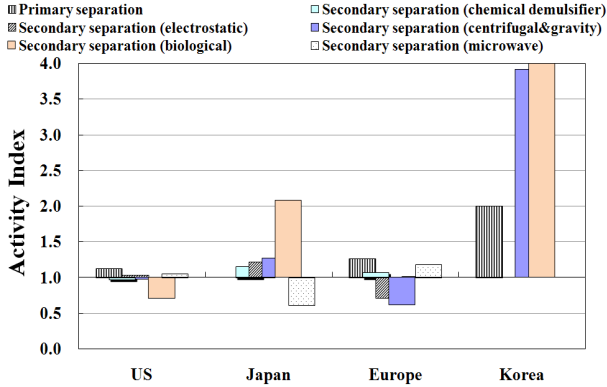


Figure 10. Emphasis of technology by country.

3.3. 오일샌드 오일처리 분야 기술별 동향

3.3.1. 기술분야별 주요 국가의 특허활동 및 역점 분야

본 역점분야는 AI (특허활동지수)를 바탕으로 한 것으로서, 전체 건에서 해당 기술이 차지하는 비율에 대한 상대적인 값을 기반으로 분석한 것이다. AI는 상대적 집중도를 살펴보기 위한 지표로서 그 값이 1보다 큰 경우에는 특허활동이 상대적으로 활발함을 나타낸다.

특허활동지수를 통해 출원국가별 특허활동도를 살펴본 결과, 미국과 유럽 특허의 경우 오일샌드 오일처리 기술 중 1차 분리기술과 2차 분리기술에서 microwave 관련 기술에서 비교적 높은 특허활동을 보였으며, 한국특허는 2차 분리기술에서 centrifugal & gravity 관련 기술과 biological 관련 기술에서, 일본특허는 2차 분리의 biological 관련 기술과 centrifugal & gravity 관련 기술에서 높은 특허활동이 나타났다.

3.3.2. 세부기술의 연도별 특허동향

3.3.2.1. 중분류별 연도별 특허동향

오일샌드 오일처리 기술 관련하여 1차 분리기술과 2차 분리기술을 중분류로 나누어 살펴보면, 1차 분리기술은 1973년 첫 출원을 하여 2009년 현재까지 매년 5건 이내의 특허를 꾸준히 출원하고 있는 것으로 나타났다(Figure 11). 2차 분리기술은 1974년 관련 특허에 대해 출원을 시작하여 1980년대 중반까지 꾸준한 특허활동을 보이다가, 1985년부터 1994년까지 비교적 소극적인 특허활동을 나타내었고, 이후 다시 증가하여 활발한

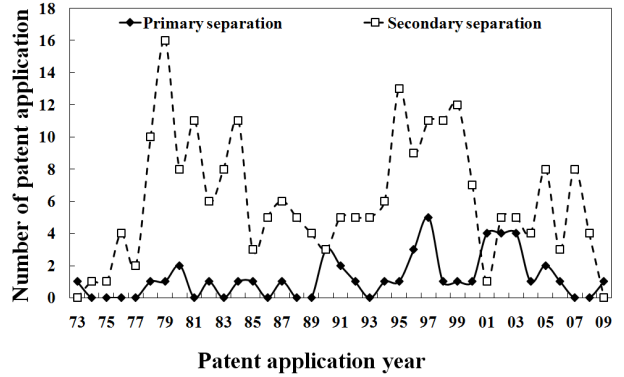


Figure 11. The patent trends classified into the two major separation technology groups.

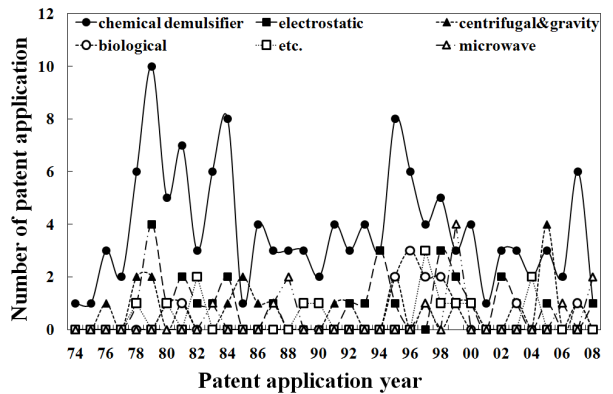


Figure 12. The patent trend for each detailed separation technology.

출원활동을 보이고 있는 것으로 나타났다.

3.3.2.2. 소분류별 연도별 특허동향

오일샌드 오일처리 관련 2차 분리기술의 세부기술은 chemical demulsifier 관련 기술, electrostatic 관련 기술, centrifugal & gravity 관련 기술, biological 관련 기술, 기타 기술, microwave 관련 기술로 나눌 수 있다. 2차 분리기술의 세부기술별 연도별 출원동향을 살펴보면, chemical demulsifier 관련 기술이 매년 10건 이내의 특허를 출원하여 가장 활발한 특허활동을 보이고 있고, electrostatic 관련 기술은 1978년부터 현재까지 매년 5건 이내의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타났다(Figure 12). 그 외 centrifugal & gravity 관련 기술과 biological 관련 기술, 기타 기술, microwave 관련 기술은 첫 출원 이후 현재까지 출원의 증감을 반복하며 매년 4건 이내의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타났다.

3.3.3. 각국의 세부기술별 특허 분포

3.3.3.1. 한국특허에서의 세부기술별 특허

한국특허에서의 세부기술별 특허건수를 살펴보면 1차 분리기술이 1건, 2차 분리기술이 2건으로 나타났고, 2차 분리기술

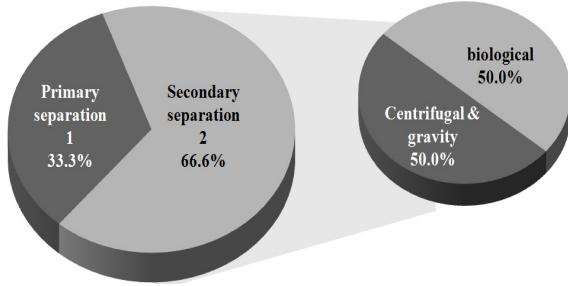


Figure 13. The percentage of Korean patents for each of detailed technologies.

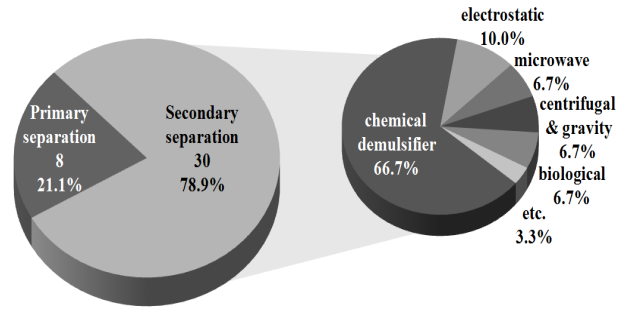


Figure 16. The percentage of European patents for each of detailed technologies.

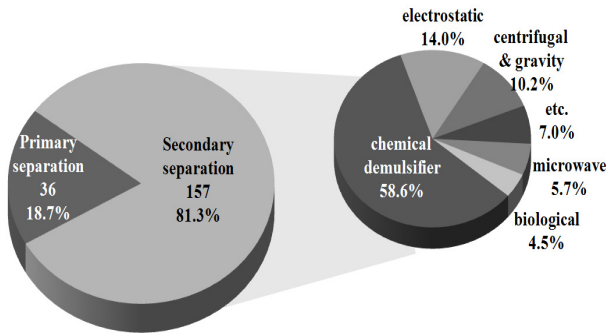


Figure 14. The percentage of US patents for each of detailed technologies.

중 centrifugal & gravity 관련 기술과 biological 관련 기술이 각각 1건씩 출원된 것으로 나타났다. 이를 세부기술별 점유율로 나타내었다 (Figure 13).

3.3.3.2. 미국특허에서의 세부기술별 특허

미국특허에서의 세부기술별 특허건수를 살펴보면 1차 분리기술이 36건(18.7%), 2차 분리기술이 157건(81.3%)으로 나타났다 (Figure 14). 2차 분리기술 중 chemical demulsifier 관련 기술이 92건으로 전체의 58.6%를 차지하고 있고, 그 뒤로 electrostatic 관련 기술 22건(14.0%), centrifugal & gravity 관련 기술 16건 (10.2%), 기타 기술 11건(7.0%), microwave 관련 기술 9건 (5.7%), biological 관련 기술 7건(4.5%) 순으로 나타났다.

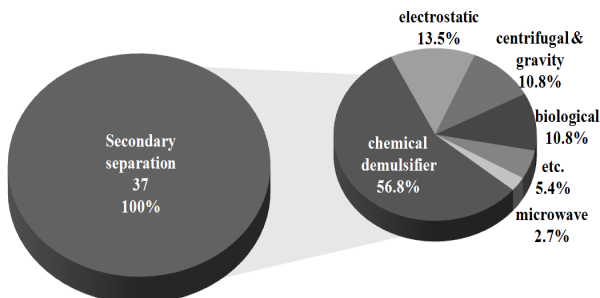


Figure 15. The percentage of Japanese patents for each of detailed technologies.

3.3.3.3. 일본특허에서의 세부기술별 특허

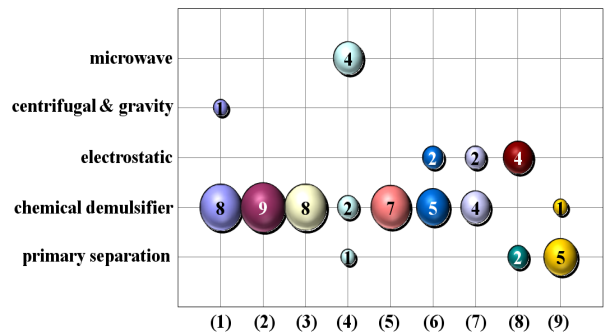
일본특허는 오일샌드 오일처리 기술 관련하여 2차 분리기술에 관한 특허 37건이 출원되었다. 이 중에서 chemical demulsifier 관련 기술이 21건으로 전체의 56.8%를 차지하고 있고, 그 뒤로 electrostatic 관련 기술 5건(13.5%), centrifugal & gravity 관련 기술과 biological 관련 기술이 각각 4건(10.8%), 기타 기술 2건 (5.4%), microwave 관련 기술 1건 (2.7%) 순으로 나타났다 (Figure 15).

3.3.3.4. 유럽특허에서의 세부기술별 특허

유럽특허에서의 세부기술별 특허건수를 살펴보면 2차 분리기술이 30건(78.9%), 1차 분리기술이 8건(21.1%)으로 나타났다. 2차 분리기술 중 chemical demulsifier 관련 기술이 20건으로 전체의 66.7%를 차지하고 있고, 그 뒤로 electrostatic 관련 기술 3건(10.0%), microwave, centrifugal & gravity, biological 관련 기술이 각각 2건(6.7%), 기타 기술 1건(3.3%) 순으로 나타났다 (Figure 16).

3.3.4. 기술분야별 주요 출원인

Figure 17은 기술별 출원인 분포를 나타낸 것이다. 오일샌드 오일처리 기술 관련 가장 많은 특허를 출원한 Texaco사는 2차 분리기술 중 chemical demulsifier 관련 기술에 8건, centrifugal & gravity 관련 기술 1건을 출원하였고, BetzDearborn사와



Texaco (1) BetzDearborn (2) Hoechst AG (3) Conoco (4) BASF AG (5) ExxonMobil (6) Mitsubishi (7) Kvaerner Process Systems (8) Baker Hughes (9)

Figure 17. Distribution of the detailed technologies for each major patent applicants.

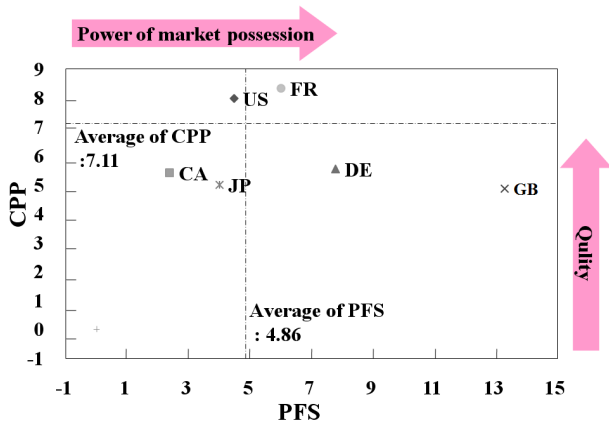


Figure 18. Analysis of market influencing power by using CPP and PFS.

Hoechst사, BASF사는 2차 분리기술 중 chemical demulsifier 관련 기술에 대해 중점적인 특허출원을 하고 있는 것으로 나타났다. Baker Hughes사는 1차 분리기술에 5건을 출원하여 타 출원인에 비해 1차 분리 관련 기술에 대해 비교적 중점적인 연구를 하고 있는 것으로 나타났다.

3.4. 기술경쟁력 비교분석

기술경쟁력 비교는 미국등록특허에 나타나는 특허의 인용관계(citation)를 이용한 특허지표 분석이다. 패밀리특허 분석은 미국특허 주요 출원인별 해외 출원건의 평균값을 수치화하여 나타낸 통계로서 각 출원인별로 자국 이외의 특허출원을 얼마나 활발하게 진행하고 있는지 알 수 있으며, 출원인의 특허 전략, 권리화 활동 전략 등도 가늠해 볼 수 있다.

3.4.1. 질적 수준을 고려한 각국의 시장영향력 분석

Figure 18에 나타난 CPP (cites per patent)와 PFS (patent family size)를 이용한 각국의 시장력 분석은 특허가 기술적으로 영향을 미치는 정도(피인용비)와 시장(패밀리 특허)의 확보를 통해 연구주체의 특허가 질적 수준 또는 시장 확보를 위한 노력 정도의 평가방법이다.

미국은 기술영향력과 시장성 확보와의 관계인 CPP와 PFS가 평균과 근사한 값을 가지며, 일본은 아직 시장확보력과 기술영향력이 미국에 비해 상대적으로 낮고, 독일과 영국은 시장확보력은 높은 반면, 기술영향력이 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 프랑스와 일본의 경우 미국 내 등록건수가 적어서 기술영향력과 시장성 확보에 대한 정확한 언급이 불가하나, 프랑스는 적은 등록건수에 비해 시장확보력과 기술영향력이 월등한 것으로 나타났다.

3.4.2. 미국 특허로 본 각국의 기술력 비교

영향력지수 (PII: patent impact index)는 한 시점을 기준으로 삼아 과거의 기술적 활동을 반영하는 지표로서, 특정 출원인(특허권자)이 소유한 기술의 질적 수준을 측정하는 지수이다 (Eq. 2). PII가 1이면 평균인용빈도를 나타내고, 2이면 평균보

Table 4. Technology level of each country obtained by analyzing the US patents

Country	Number of application	Patent impact index (PII)	Technology strength (TS)
U.S. (US)	108	1.12	121.44
Canada (CA)	27	0.76	20.54
Germany (DE)	13	0.78	10.13
England (GB)	7	0.68	4.78
Japan (JP)	3	0.70	2.12
France (FR)	3	1.17	3.52

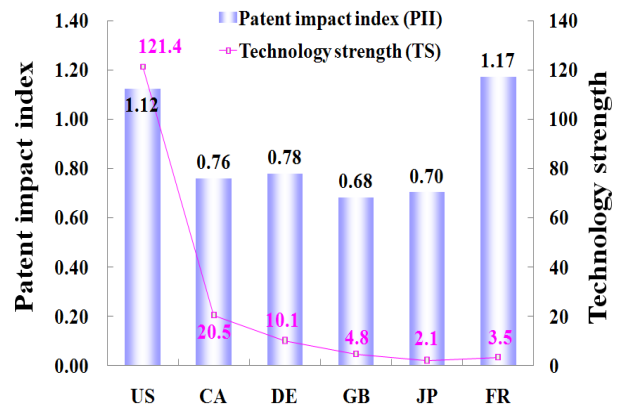


Figure 19. Comparison of patent impact indices and technology strengths of 6 major countries.

다 2배 높은 빈도로 인용됨을 나타낸다.

$$PII = \frac{CPP \text{ of specific applicant}}{Total CPP} \quad (2)$$

기술력지수 (TS: technology strength)가 클수록 해당 국가 (또는 연구주체)의 기술력이 높음을 의미한다(Eq. 3).

$$TS = \text{Number of application} \times \text{Patent impact index} \quad (3)$$

미국등록특허에서 기술수준을 측정하는 특허등록건수, 영향력지수 (PII), 기술력지수 (TS) 등 3가지 지표를 통해 국가별 분포를 살펴본 결과, 미국은 특허등록건수와 영향력지수 기술력지수 세 구간에서 모두 우위를 차지하였으므로 질적 수준과 양적 수준이 매우 높은 것으로 나타났다 (Table 4와 Figure 19). 캐나다와 독일은 기술력지수가 미국에 이어 두, 세 번째로 나타나 양적 수준 뿐 아니라 질적 수준도 높은 것으로 나타났다. 프랑스는 미국에 등록된 특허건수는 적으나 영향력 지수가 1.17로 가장 높은 영향력지수를 보여, 해당 특허의 질적 수준이 상당히 높은 것을 알 수 있다.

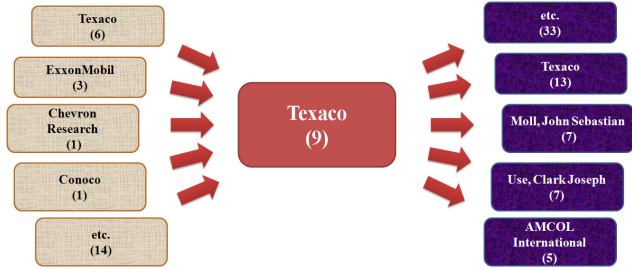


Figure 20. The number of US patents cited by Texaco and Texaco patents, by other companies.

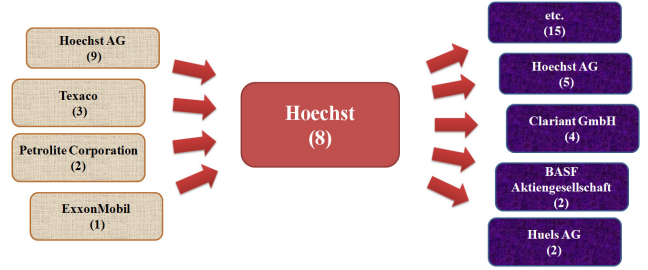


Figure 22. The number of US patents cited by Hoechst and Hoechst patents, by other companies.

3.5. 주요 특허 분석

3.5.1. 주요 출원인 심층분석

3.5.1.1. Texaco사의 인용도 분석

Figure 21은 Texaco사의 미국등록특허 9건에 대하여 그의 인용관계로 본 Texaco사의 경쟁사 분석을 나타낸 것으로, 좌측은 Texaco사의 특허(9건)가 인용한 선행특허(backward citation) 출원인 및 횟수이고, 우측은 Texaco사의 특허(9건)를 인용한 특허(forward citation) 출원인 및 횟수를 나타낸 것이다. Texaco사의 인용/피인용 현황을 살펴보면, 자사의 특허를 6회 인용하였고, 해당특허를 다시 인용한 것으로 나타나, 오일샌드 오일처리 관련 기술 분야에서 지속적인 연구개발을 진행하고 있는 것을 알 수 있다. 자사 이외에 Texaco사는 ExxonMobil사, Chevron Research, Conoco사 등의 특허를 인용하였으며, Moll, John Sebastian, Use, Clark Joseph, AMCOL International사의 연구에 영향을 준 것으로 나타났다.

3.5.1.2. BetzDearborn사의 인용도 분석

Figure 21은 BetzDearborn사의 미국등록특허 9건에 대하여 그의 인용관계로 본 BetzDearborn사의 경쟁사 분석을 나타낸 것으로, 좌측은 BetzDearborn사의 특허(9건)가 인용한 선행특허 출원인 및 횟수이고, 우측은 BetzDearborn사의 특허(9건)를 인용한 특허 출원인 및 횟수를 나타낸 것이다.

BetzDearborn사의 인용/피인용 현황을 살펴보면, 자사의 특허를 13회 인용하여 9건의 특허를 출원하였고, 이 특허들을 인용하여 관련 기술의 특허를 출원한 것으로 나타나, 오일샌드 오

일처리 관련 기술 분야에서 지속적인 연구개발을 진행하고 있는 것을 알 수 있다. 자사 이외에 BetzDearborn사는 Nalco Chemical사, ExxonMobil사, Petrolite사 등의 특허를 자주 인용하였으며, Cellgate사, SLIL Biomedical사, Baker Hughes사 등의 연구에 영향을 준 것으로 나타났다.

3.5.1.3. Hoechst사의 인용도 분석

Figure 22는 Hoechst사의 미국등록특허 8건에 대하여 그의 인용관계로 본 Hoechst사의 경쟁사 분석을 나타낸 것으로, 좌측은 Hoechst사의 특허(8건)가 인용한 선행특허 출원인 및 횟수이고, 우측은 Hoechst사의 특허(8건)를 인용한 특허 출원인 및 횟수를 나타낸 것이다.

Hoechst사의 인용/피인용 현황을 살펴보면, 자사의 특허를 9회 인용하여 8건의 특허를 출원하였고, 이 특허들을 인용하여 관련 기술의 특허를 출원한 것으로 나타나, 오일샌드 오일처리 관련 기술 분야에서 지속적인 연구개발을 진행하고 있는 것을 알 수 있다. 자사 이외에 Hoechst사는 Texaco사, Petrolite사, ExxonMobil사 등의 특허를 자주 인용하였으며, Clariant GmbH, BASF Aktiengesellschaft, Huels사 등의 연구에 영향을 준 것으로 나타났다.

3.5.1.4. Conoco사의 인용도 분석

Figure 23은 Conoco사의 미국등록특허 7건에 대하여 그의 인용관계로 본 Conoco사의 경쟁사 분석을 나타낸 것으로, 좌측은 Conoco사의 특허(7건)가 인용한 선행특허 출원인 및 횟수이고, 우측은 Conoco사의 특허(7건)를 인용한 특허 출원인 및 횟수를 나타낸 것이다.

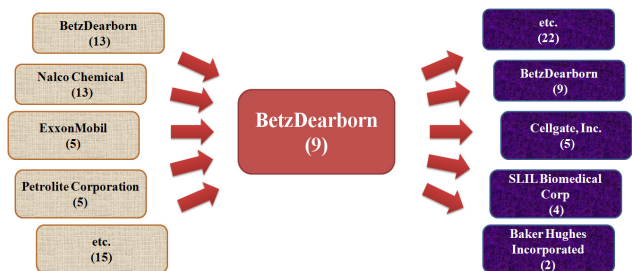


Figure 21. The number of US patents cited by BetzDearborn and BetzDearborn patents, by other companies.

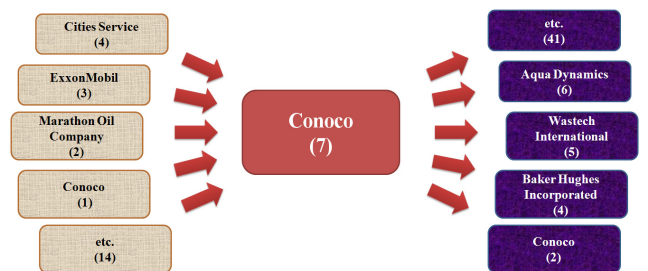


Figure 23. The number of US patents cited by Conoco and Conoco patents, by other companies.

Table 5. Analysis of technology flow

	Primary separation	Secondary separation		
73 ~ 77	<ul style="list-style-type: none"> •US4017275 (App. 1973) Maloney-Crawford Tank 	<ul style="list-style-type: none"> •Chemical demulsifier US4082867 (App. 1976) Amchem Products, Inc. 		
78 ~ 82	<ul style="list-style-type: none"> •US4424068 (App. 1982) McMillan, John F. 	<ul style="list-style-type: none"> •Chemical demulsifier US4179369 (App. 1978) Nalco Chemical 	<ul style="list-style-type: none"> •Electrostatic US4257895 (App. 1979) Murdock, Forrest L. 	<ul style="list-style-type: none"> •Centrifugal&gravity US4243528 (App. 1979) Kobe, Inc.
			<ul style="list-style-type: none"> •Electrostatic US4283290 (App. 1979) Davy International 	
83 ~ 87	<ul style="list-style-type: none"> •US4783272 (App. 1987) Atlantic Richfield 	<ul style="list-style-type: none"> •Chemical demulsifier US4737265 (App. 1986) ExxonMobil 	<ul style="list-style-type: none"> •Electrostatic US4919777 (App. 1987) Bull, Hendrix R. 	
88 ~ 92	<ul style="list-style-type: none"> •US5132011 (App. 1991) Petroleum Equipment Specialties, Inc. 	<ul style="list-style-type: none"> •Chemical demulsifier US5154857 (App. 1991) Compagnie Raffinage 		<ul style="list-style-type: none"> •Centrifugal&gravity US5156751 (App. 1991) Miller, Neal J.
				<ul style="list-style-type: none"> •Centrifugal&gravity US5286383 (App. 1992) Texaco
93 ~ 97	<ul style="list-style-type: none"> •US5570744 (App. 1995) Atlantic Richfield 	<ul style="list-style-type: none"> •Chemical demulsifier US5607574 (App. 1995) BetzDearborn Inc. 	<ul style="list-style-type: none"> •Electrostatic US5575896 (App. 1995) National Tank Company 	<ul style="list-style-type: none"> •Biological JP1997-173058 (App. 1995) Tonen Corporation
	<ul style="list-style-type: none"> •US5857522 (App. 1996) Baker Hughes 	<ul style="list-style-type: none"> •Chemical demulsifier US5942469 (App. 1996) Chevron 		
98 ~ 02	<ul style="list-style-type: none"> •US6537458 (App. 2001) Shell Oil 	<ul style="list-style-type: none"> •Chemical demulsifier US20030069143 (App. 2002) BP Exploration 	<ul style="list-style-type: none"> •Electrostatic US6207032 (App. 1998) Kvaerner Process Sys 	<ul style="list-style-type: none"> •Biological KR2000-0065147 (App. 1998) Energy BioSystems
03 ~ 07	<ul style="list-style-type: none"> •US20030159581 (App. 2003) Navion ASA 	<ul style="list-style-type: none"> •Chemical demulsifier US20080061003 (App. 2007) M-I L.L.C. 	<ul style="list-style-type: none"> •Electrostatic US20030217971 (App. 2003) ExxonMobil 	<ul style="list-style-type: none"> •Biological US20060060527 (App. 2003) Mol Hungarian Oil&Gas
	<ul style="list-style-type: none"> •US20090020467 (App. 2006) DPS Bristol Limited 			

Conoco사의 인용/피인용 현황을 살펴보면, 자사의 특허를 1 회 인용한 것으로 나타났고, 7건의 미국등록특허를 인용하여 관련 특허를 출원한 것으로 나타나, 오일샌드 오일처리 관련 기술 분야에서 지속적인 연구개발을 진행하고 있는 것을 알 수 있다. 자사 이외에 Conoco사는 Cities Service사, ExxonMobil

사, Marathon Oil사 등의 특허를 자주 인용하였으며, Aqua Dynamics사, Wastech International사, Baker Hughes Incorporated사 등의 연구에 영향을 준 것으로 나타났다.

3.5.1.5. ExxonMobil사의 인용도 분석

Figure 24는 ExxonMobil사의 미국등록특허 7건에 대하여

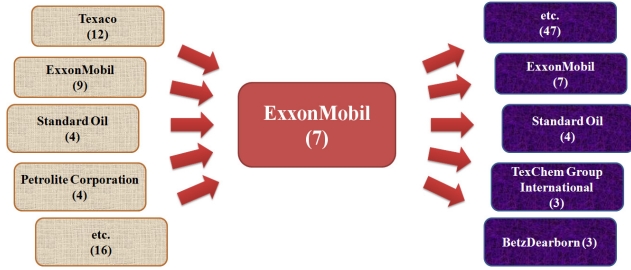


Figure 24. The number of US patents cited by ExxonMobil and ExxonMobil patents, by other companies.

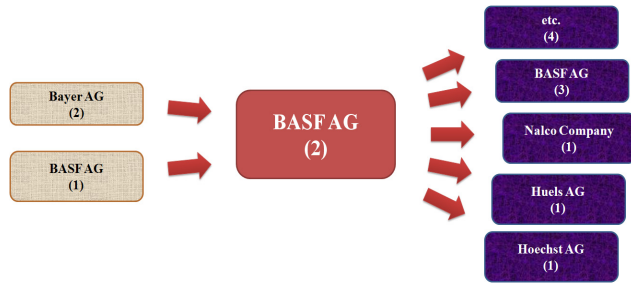


Figure 25. The number of US patents cited by BASF and BASF, by other companies.

그의 인용관계로 본 ExxonMobil사의 경쟁사 분석을 나타낸 것으로, 좌측은 ExxonMobil사의 특허(7건)가 인용한 선행특허 출원인 및 횡수이고, 우측은 ExxonMobil사의 특허(7건)를 인용한 특허 출원인 및 횡수를 나타낸 것이다.

ExxonMobil사의 인용/피인용 현황을 살펴보면, 자사의 특허를 9회 인용하여 7건의 특허를 출원하였고, 이 특허들을 인용하여 관련 기술의 특허를 출원한 것으로 나타나, 오일샌드 오일처리 관련 기술 분야에서 지속적인 연구개발을 진행하고 있는 것을 알 수 있다. 자사 이외에 ExxonMobil사는 Texaco사, Standard Oil사, Petrolite사 등의 특허를 자주 인용하였으며, Standard Oil사, TexChem Group, BetzDearborn 등의 연구에 영향을 준 것으로 나타났다.

3.5.1.6. BASF사의 인용도 분석

Figure 25는 BASF사의 미국등록특허 2건에 대하여 그의 인용관계로 본 BASF사의 경쟁사 분석을 나타낸 것으로, 좌측은 BASF사의 특허(2건)가 인용한 선행특허 출원인 및 횡수이고, 우측은 BASF사의 특허(2건)를 인용한 특허 출원인 및 횡수를 나타낸 것이다.

BASF사의 인용/피인용 현황을 살펴보면, 자사의 특허를 1회 인용한 것으로 나타났고, 2건의 미국등록특허를 인용하여 관련 특허를 출원한 것으로 나타나, 오일샌드 오일처리 관련 기술 분야에서 지속적인 연구개발을 진행하고 있는 것을 알 수 있다. 자사 이외에 BASF사는 Bayer사의 특허를 인용하였으며, Nalco사, Huels사, Hoechst사 등의 연구에 영향을 준 것으로 나타났다.

3.5.2. 기술흐름(발전)도 분석

오일샌드 오일처리 기술 관련 특허 중에서 해외우선권특허

또는 미국특허의 citation (인용/피인용 관계)을 분석하여 관련 기술의 기술적 인용도가 높은 특허를 주요 특허로 선별하여 Table 5에 기술흐름(발전)도로 나타내었다.

4. 결 론

1973년부터 2009년의 기간 동안 등록 또는 공개된 특허 271건을 대상으로 한 특허분석 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 전체 271건 중 미국이 193건을 출원하여 71.1% 점유율로 전체 특허의 2/3 이상을 차지하고 있으며, 유럽연합(EP)은 38건(14.0%), 일본은 37건(13.7%), 한국은 3건(1.1%)을 출원하였다.
2. 기술별 점유율을 살펴보면, 2차 분리 226건(83.4%), 1차 분리 45건(16.6%) 순으로 나타났다. 2차 분리에서 chemical demulsifier가 226건 중 133건으로 58.8%의 점유율을 차지하였으며, electrostatic 30건(13.3%), centrifugal & gravity 23건(10.2%), biological 14건(6.2%), 기타 14건(6.2%), microwave 12건(5.3%) 순으로 나타났다.
3. 한국의 경우, 전체 3건의 출원 중 2차 분리기술이 2건으로 나타났으며, 2차 분리기술 중 centrifugal & gravity 관련 기술과 biological 관련 기술이 각각 1건씩 출원되었다.
4. 미국의 경우, 전체 193건 중 1차 분리기술이 36건(18.7%), 2차 분리기술이 157건(81.3%)으로 나타났다. 2차 분리기술 중 chemical demulsifier 관련 기술 92건(58.6%)과 electrostatic 관련 기술 22건(14.0%) 순으로 나타났다.
5. 유럽의 경우, 38건 중 1차 분리기술이 8건(21.1%), 2차 분리기술이 30건(78.9%)으로 나타났다. 2차 분리기술 중 chemical demulsifier 관련 기술 20건(66.7%)과 electrostatic 관련 기술 3건(10.0%) 순으로 나타났다.
6. 일본의 경우, 2차 분리기술에 관한 특허만 37건을 출원하였고, 이 중 chemical demulsifier 관련 기술 21건(56.8%)과 electrostatic 관련 기술 5건(13.5%) 순으로 나타났다.
7. 미국등록특허에서 특허등록건수, 영향력지수, 기술력지수의 3개 분야를 국가별로 살펴본 결과, 미국이 세 구간에서 모두 우위를 차지하였으며, 캐나다와 독일이 높게 나타났다. 프랑스는 등록된 특허건수는 적으나 특허의 질적 수준이 상당히 높은 것으로 판단된다.
8. Texaco사, BetzDearborn사, Hoechst사, Conoco사, Exxon Mobil사와 같은 주요 출원인의 출원을 분석한 결과, 각각 자사의 특허를 인용하여 특허를 출원하였으며, 이 특허들을 인용하여 관련 기술의 특허를 출원한 것으로 나타나, 오일샌드 오일처리 관련 기술 분야에서 지속적인 연구개발을 진행하고 있는 것으로 판단된다.

감 사

본 논문은 지식경제부와 에너지기술평가원의 “에너지자원기술개발사업”의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. <http://www.independent.co.uk/news/science/world-oil-supplies-are-set-to-run-out-faster-than-expected-warn-scientists-453068.html>
2. Campbell, C. J., The Availability of Non-conventional Oil and Gas, The Office of Science and Innovation, Department of Trade and Industry, London, 2006.
3. Park, Y. K., Choi, W. C., Jeong, S. Y., and Lee, C. W., "High Value-added Technology of Oilsands," *Korean Chem. Eng. Res.*, **45**(2), 109-116 (2007).
4. Engelhardt, R., and Todirescu, M., An Introduction to Development in Alberta's Oil Sands, School of Business at University of Alberta, Feb. 10, 2005.
5. Hirsch, T., Treasure in the Sand : An Overview of Alberta's Oil Sands Resources, Canada West Foundation, April 2005.
6. Wilkinson, D., Waldie, B., Nor, M. I. M., and Lee, H. Y., "Baffle Plate Configurations to Enhance Separation in Horizontal Primary Separators," *Chem. Eng. J.*, **77**(3), 221-226 (2000).
7. Simmons, M. J. H., Wilson, J. A., and Azzopardi, B. J., "Interpretation of the Flow Characteristics of a Primary Oil-water Separator from the Residence Time Distribution," *Chem. Eng. Res. Des.*, **80**(5), 471-481 (2002).
8. Jaworskia, A. J., and Dyakowskib, T., "Measurements of Oil-water Separation Dynamics in Primary Separation Systems Using Distributed Capacitance Sensors," *Flow Meas. Instrum.*, **16**(2-3), 113-127 (2005).
9. Simmons, M. J. H., Komonibo, E., Azzopardi, B. J., and Dick, D. R., "Residence Time Distributions and Flow Behavior within Primary Crude Oil-water Separators Treating Well-head Fluids," *Chem. Eng. Res. Des.*, **82**(10), 1383-1390 (2004).
10. Djuve, J., Yang, X., Fjellanger, I. J., Sjöblom, J., and Pelizzetti, E., "Chemical Destabilization of Crude Oil Based Emulsions and Asphaltene Stabilized Emulsions," *Colloid Polym. Sci.*, **279**(3), 232-239 (2001).
11. Krawczyk, M. A., Wasan, D. T., and Shetty, C. S., "Chemical Demulsification of Petroleum Emulsions Using Oil-soluble Demulsifiers," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **30**(2), 367-375 (1991).
12. Kim, Y. H., and Wasan, D. T., "Effect of Demulsifier Partitioning on the Destabilization of Water-in-Oil Emulsions," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **35**(4), 1141-1149 (1996).
13. Wu, J., Xu, Y., Dabros, T., and Hamza, H., "Effect of EO and PO Positions in Nonionic Surfactants on Surfactant Properties and Demulsification Performance," *Colloid. Surface. A.*, **252**(1), 79-85 (2005).
14. Dalmazzone, C., and Noik, C., "Development of New 'green' Demulsifiers for Oil Production," SPE 65041 (2001).
15. Eow, J. S., Ghadiri, M., and Sharif, A. O., "Electrohydrodynamic Separation of Aaqueous Drops from Flowing Viscous Oil," *J. Petrol. Sci. Eng.*, **55**(1-2), 146-155 (2007).
16. Eow, J. S., Ghadiri, M., and Sharif, A. O., "Electrostatic and Hydrodynamic Separation of Aqueous Drops from Flowing Viscous Oil," *Chem. Eng. Process.*, **41**(8), 649-657 (2002).
17. Less, S., Hannisdal, A., Bjorklund, E., and Sjöblom, J., "Electrostatic Destabilization of Wwater-in-crude Oil Emulsions: Application to a Real Case and Evaluation of the Aibel VIEC Technology," *Fuel*, **87**(12), 2572-2581 (2008).
18. Eow, J. S., Ghadiri, M., Sharif, A. O., and Williams, T. J., "Electrostatic Enhancement of Coalescence of Water Droplets in Oil: a Review of the Current Understanding," *Chem. Eng. J.*, **84**(2), 173-192 (2001).
19. Chen, C. T., Maa, J. R., Yang, Y. M., and Chang, C. H., "Effects of Electrolytes and Polarity of Organic Liquids on the Coalescence of Droplets at Aaqueous-organic Interfaces," *Surf. Sci.*, **406**(1-3), 167-177 (1998).
20. Sun, D., Duan, X., Li, W., and Zhou, D., "Demulsification of Water-in-oil Emulsion by Using Porous Glass Membranass *J. Membrana Sci.*, **146**(1), 65-72 (1998).
21. Brandenberger, H., Nussli, D., Piech, V., and Widmer, F., "Monodisperse Particle Production: a Method to Prevent Drop Coalescence Using Electrostatics Forces," *J. Electrostat.*, **45**(3), 227-238 (1999).
22. Ezzati, A., Gorouhi, E., and Mohammadi, T., "Separation of Water in Oil Emulsions Using Microfiltration," *Desalination*, **185**(1-3), 371-382 (2005).
23. Eow, J. S., and Ghadiri, M., "Electrocoalesce-separators for the Separation of Aqueous Drops from a Flowing Dielectric Viscous Liquid," *Sep. Purif. Technol.*, **29**(1), 63-77 (2002).
24. Abdurahman, Nour, H., Yunus, R. M., and Jemaat, Z., "Study on Demulsification of Water-in-Oil Emulsions Via Microwave Heating Technology," *J. Appl. Sci.*, **6**(9), 2060-2066 (2006).
25. Chipasa, K. B., and Medrzycka, K., "Behavior of Lipids in Biological Wastewater Treatment Processes," *J. Ind. Microbiol. Biot.*, **33**(8), 635-645 (2006).
26. Fang, C. S., Chang, K. L., Lai, P. M. C., and Klaila, W. J., "Microwave Demulsification," *Chem. Eng. Commun.*, **73**(1), 227-239 (1998).
27. Hong, J. H., Kim, B. S., and Kim, D. C., "Demulsification of Oil-Water Emulsion by Microwave Irradiation," *Korean Chem.*

- Eng. Res.*, **42**(6), 662-668 (2004).
28. Xia, L., Lu, S., and Cao, G., "Demulsification of Emulsions Exploited by Enhanced Oil Recovery System," *Sep. Sci. Technol.*, **38**(16), 4079-4094 (2003).
29. Nadarajah, N., Singh, A., and Ward, O. P., "De-emulsification of Petroleum Oil Emulsion by a Mixed Bacterial Culture," *Process Biochem.*, **37**(10), 1135-1141 (2002).
30. Tirmizi, N. P., Raghuraman, B., and Wiencek, J., "Demulsification of Water/oil/solid Emulsions by Hollow-fiber Membranes," *AIChE J.*, **42**(5), 1263-1276 (1996).
31. Sirkar, K. K., "Membrane Separation Technologies: Current Developments," *Chem. Eng. Commun.*, **157**(1), 145-184 (1997).
32. Andrzej B. K., and Field, R. W., "Process Factors during Removal of Oil-in-water Emulsions with Cross-flow Microfiltration," *Desalination*, **105**(1-2), 79-89 (1996).
33. Fang, H. B., Zhang, L., Luo, L., Zhao, S., An, J., Xu, Z., Yu, J., Ottova, A., and Tien, H., "A Study of Thin Liquid Films as Related to the Stability of Crude Oil Emulsion," *J. Colloid Interf. Sci.*, **238**(1), 177-182 (2001).
34. Kocherginsky, N. M., Tan, C. L., and Lu, W. F., "Demulsification of Water-in-oil emulsions via Filtration through a Hydrophilic Polymer Membrane," *J. Membrane Sci.*, **220**(1-2), 117-128 (2003).
35. Choi, J. H. Rhee, Y. W., Kang, K. S., Choi, S. J., and Kim, J. W., "Technology Characteristics of Hydrogen Production and Its Technology Trend by Patent Analysis," *Trans. Korean Hydrogen New Energ. Soc.*, **18**(4), 481-494 (2007).
36. Noh, S. Y., Rhee, Y. W., Kang, K. S., Choi, S. J., and Kim, J. W., "Technology Characteristics of Hydrogen Storage and Its Technology Trend by Patent Analysis," *Trans. Korean Hydrogen New Energ. Soc.*, **19**(1), 90-102 (2008).