

# 그린에너지 촉매 기술개발 동향분석

오낙교\*

<sup>1</sup>고려대학교 그린스쿨대학원

## R&D trends for green catalytic technology developments

Nak-Kyo Oh\*

<sup>1</sup>Korea University Green School

**요약** 본 연구의 목적은 그린에너지 기술개발에 필요한 촉매기술에 대한 최신동향을 파악하는 것이다. 분석자료는 특허자료, 학술지 및 정부R&D과제에서 추출한 DB(특허 4,172건 논문 28,726건 정부과제 548건)이다. 분석기간은 특허와 논문의 경우 2001년에서 2012년이며, 정부과제의 경우 2001년에서 2011년이다. 분석방법은 정성적인 방법과 정량적인 방법을 적용하였다. 분석결과를 살펴보면 촉매기술은 역사가 오래되었음에도 불구하고 특허출원은 여전히 증가추세를 보이고 있으며, 특히 2008년을 기점으로 증가폭이 커지고 있다. 특허측면에서 연료전지 촉매기술이 41.9%, 석탄액화 가스화 촉매기술이 23.6% 순으로 나타났다. 논문측면에서 2004년과 2008년을 기점으로 상승폭이 큰 변화가 나타나고 있으며, 특히 연료전지와 수소에너지가 1위, 2위를 차지하고 있다. 정부과제는 수소에너지 기술이 256건(47%)으로 가장 높게 나타났다. 그린에너지 촉매기술 개발에서 연료전지, 수소 및 석탄액화기술이 부각되었다. 화석연료에서 비화석연료(녹색성장)로의 전환속도가 빨라지고 있다는 점을 파악할 수 있었으며 녹색성장에 대한 체계적인 R&D 실용화 전략 등 녹색산업의 주력사업화에 대한 보다 큰 관심이 필요하다는 시사점을 도출하게 되었다.

**Abstract** The aim of this study was to obtain a complete picture of green catalytic technology developments. The data set for analysis was collected from the data from 4,172 patents, 28,726 technical papers and 548 Government R&D projects. The covering periods were 2001 to 2012 for patents and technical papers, whereas while that for the Government R&D projects were 2001 to 2011. The analysis methodologies consisted of qualitative and quantitative approaches. The patent for catalytic technology has been increasing, even though it was developed some time ago. The increase in patents for catalytic technology has been outstanding since 2008. As a result of the analysis of patents, fuel cell comprised 41.9%, followed by coal liquefaction 23.6%. The analysis of technical papers ranked fuel cell ranked 1st, followed by hydrogen. Fuel cells, hydrogen and coal liquefaction outperformed in green catalytic technological developments. As a result of this study, it was apparently concluded that the speed for the green economy from the fossil fuel-based economy has accelerated. Therefore it will be necessary to prepare for the early realization of a green energy-based economy on a variety of aspects as soon as possible.

**Key Words** : Catalysts Technology, Government R&D Projects, Green Energy, IP, Journal Analysis

## 1. 서론

### 1.1 연구의 개요

연구개발 동향분석은 연구기획을 포함한 기술경영에서 중요한 위치에 있다. 연구개발의 목적을 달성하는데

소요되는 시간과 예산 등 여러 가지 한계를 감안하고 유연한 대안을 찾는 일이 연구기획단계에서 검토될 수 있기 때문이다. 화석연료의 누적된 사용으로 인한 환경변화, 2008년 세계적인 금융위기로 촉발된 경영환경의 급격한 변화, 저성장 등은 국내뿐만 아니라 전 세계가 공통적으

\*Corresponding Author : Nak-kyo Oh(RIST)

Tel: +82-10-4741-0465 email: henrynkoh@gmail.com

Received June 16, 2014

Revised (1st July 10, 2014, 2nd July 22, 2014)

Accepted November 6, 2014

로 직면하고 있는 엄중한 현실이다.

환경문제, 에너지문제 및 저성장문제를 해결하기 위해서 다양한 산업정책이 검토되고 있는 가운데, 저탄소 녹색성장은 이들 문제를 동시에 해결할 수 있는 대표적인 정책대안으로 전 세계에서 공통적으로 추진되고 있다 [1-3].

## 1.2 연구의 목적

본 연구는 그린에너지 개발에 필요한 촉매기술개발에 대한 추세를 파악하는데 목적이 있다. 태양광, 풍력, 연료 전지, 수소, 지열, 폐기물에너지 등의 그린에너지는 화석 연료를 대체할 수 있는 대표적인 저탄소 녹색성장의 동력 원이며 촉매기술은 이러한 신재생에너지 기술개발에 중요한 역할을 담당하고 있기 때문이다.

## 1.3 연구의 구성

본 연구의 구성은 다음과 같다. 연구의 배경, 목적, 구성의 제1장 서론에 이어, 제2장에서 촉매기술의 전반적인 이해와 과학적 분석방법 현황을 고찰해 보고, 제3장에서 데이터 및 연구방법을 소개하고, 제4장에서 분석결과를 집중적으로 논의하며 제5장에서는 결론과 향후연구 방향을 검토한다.

# 2. 선행연구

본 장은 크게 2가지 영역으로 나누어진다. 우선 문헌 분석을 통하여 촉매기술에 대한 핵심적인 내용을 정리한다. 그 다음으로 미래사회변화에 대응하기 위한 기술경영의 일환으로 시도되고 있는 과학적인 예측방법에 대하여 조사한다.

## 2.1 촉매기술

“촉매는 이론적으로 자기 자신은 스스로 소모되지 아니하면서도 화학반응에 참여하여 화학반응물을 높여주되 반응물과 차별되는 제3의 물질”이다[4]. 촉매의 산업적 응용은 1746년 Roebuck이 황산제조를 위해 연실법을 사용하며 시작되었으며, 1875년 백금촉매를 사용한 황산 제조, 1902년 백금촉매를 사용한 질산합성, 1909년 철촉매를 사용한 암모니아 합성 등 오랜 기간에 걸쳐 많은 발전을 해 왔다. 본격적인 발전은 20세기 중반 석유의 이용

에 따른 화학산업의 발전과 더불어 진행되었다. 세계 최초의 석유화학공업은 1920년대에 미국에서 시작되었으며 원유의 촉매분해 등 새로운 촉매가 많이 발견되었다.

21세기를 맞이한 오늘날 쾌적한 삶을 지향하는 시대적 흐름에 따라 환경에 대한 관심이 고조되어 각종 환경촉매의 신장이 급격히 진행되고 있으며, 지구온난화와 악화된 지구 환경을 개선하기 위한 국제적 노력의 일환으로 그 필요성이 절실해진 “이산화탄소 저감기술과” 대체 및 신재생에너지 기술”에서의 촉매기술의 역할과 중요성이 크게 부각되고 있다[5].

촉매의 소요량은 촉매를 사용해 생산되는 제품량에 비해 극히 소량이고 제품의 원가에 미치는 촉매가격은 상대적으로 작지만 제품의 생산량과 수율을 좌우하는 핵심기술이기 때문에 제품의 경쟁력에 절대적인 영향을 미친다. 대규모 화학제품 생산공정에 이용되고 있으며, 이미 범용화된 기술분야외에는 촉매만을 별도로 판매하는 경우가 거의 없으며, 신촉매나 개량촉매는 이와 관련된 공정기술과 함께 일괄적으로 판매된다.

촉매기술은 이를 이용하는 산업에서 그 부가가치가 높은 핵심기술이기 때문에 일단 확보된 기술은 다른 회사나 다른 나라로 기술이전을 기피하는 경향이 높다. 촉매기술은 그 자체가 종합기술로서 이를 이용해 화학제품을 생산하기까지 이와 관련된 공정기술을 모두 포괄한다는 점이 특징이다. 신촉매의 개발은 신 공정기술의 개발이며, 촉매의 개량은 화학공정의 개선으로 자국내에서는 기술혁신뿐만 아니라 세계시장으로의 수출을 의미한다. 촉매를 공급할 수 있는 기술을 보유하는 것은 화학공업의 자립을 뜻하고 세계시장으로의 진출을 의미한다.

신재생에너지용 촉매로 최근 관심을 모으는 것은 H<sub>2</sub> 제조용 개질촉매, 수증기와 가스 전환용 촉매, 연료전지용 전극촉매, 태양광 광촉매, 석탄의 가스화를 통한 합성 가스를 이용한 메탄올 합성촉매, 생체촉매를 이용한 바이오 알코올 및 바이오 디젤 등 바이오 연료용 촉매 등 다양한 촉매이용 사례가 있다.

## 2.2 과학적 접근방법

연구개발 동향분석은 미래사회변화에 대응하기 위한 기술경영의 일환이다. 미래연구방법론은 크게 정성적인 접근방법, 정량적인 접근방법 및 혼합적인 접근방법으로 대별해 볼 수 있으며 Table 1과 같이 정리할 수 있다[6].

예측을 위한 방법론 및 프로세스는 각 국의 정치적, 문

화적, 과학기술 연구개발체계에 따라 매우 다양한 형태로 활용·진화되어 왔다. 초기에는 일본 등을 중심으로 델파이 방법 등이 적용되어 왔으나 이후 시나리오분석, 환경스캐닝법 등과 같은 기법들이 적용되며 점차 델파이 기법에서 탈피하는 경향을 보이고 있다.

[Table 1] Future Forecasting Methods

<p><b>[ Qualitative Methods ]</b>                  -Citizen Panels -Conferences/Workshops                  -Essays/Scenario Writing -Expert Panels · Genius                  -Forecasting · Interviews                  -Literature Review -Morphological Analysis                  -Relevance Trees and Logic Charts                  - · Role Play/Acting - · Scanning                  - · Scenarios/Scenario Workshops                  - · Science Fictioning -Simulation Gaming                  - · Surveys - · SWOT analysis                  - · Weak Signals/Wild Cards</p>
<p><b>[ Quantitative Methods ]</b>                  -Benchmarking -Bibliometrics                  -Indicators / Time Series Analysis                  - · Modelling -Patent Analysis                  -Trend Extrapolation / Impact Analysis</p>
<p><b>[ Semi-quantitative Methods ]</b>                  -Cross-impact -Structural Analysis                  -Delphi -Key / Critical Technologies                  -Multi-Criteria Analysis -Polling / Voting                  -Quantitative Scenarios / SMIC                  -Stakeholder Analysis / MACTOR</p>

초기에 과학기술이나 사회 자체의 발전모습에만 국한되던 예측의 한계를 인식하고 사회, 경제, 정치 등의 다양한 분야를 포괄한 전체적인 관점에서 미래사회 발전모습을 조망하려는 시도로 예측활동이 바뀌게 되면서 다양한 예측방법들이 적용되기 시작했다.

미래예측에는 한 가지 예측방법만을 사용하는 것이 아니라 다수의 방법을 주제·목적 및 사업 환경에 따라 필요한 방법론을 종합적으로 사용하여 체계적인 예측 프로세스를 구성한다. 따라서 특정한 목적의 미래예측 활동에 알맞은 적절한 방법을 선택하고 적용하는 것은 미래예측 과정에서 중요한 단계 중 하나이다.

### 3. 분석자료 및 연구방법

#### 3.1 분석자료

본 논문은 특허문서, 학술지 및 정부R&D과제로 추출된 자료를 분석대상으로 한다. 일차적으로 기본자료를 추출하고, 2차적으로 노이즈를 제거한 후 그린에너지에

관련된 최종분석대상으로 압축하였다.

그린에너지는 분류 체계면에서 신재생 에너지를 의미하기도 하며, 연료전지·석탄액화가스화·수소에너지·태양열·태양광 발전·바이오매스·풍력·수력·지열·해양에너지·폐기물 에너지로 구성되는 총 11개의 중분류에 속한다.

이 중 촉매관련성이 적어서 관련된 특허 및 논문이 많지 않은 풍력, 수력, 지열, 해양에너지 분야는 검색 및 분석대상에서 제외한다.

#### 3.1.1 특허동향 분석

특허는 새로운 기술의 개발, 활용 및 진보의 원천이며, 이 과정에서 발명자의 권리 보호와 함께 기술확산의 원동력으로 작용한다[7]. 특허문서에는 기술의 혁신과 변화를 탐구할 수 있는 풍부한 정보를 포함하고 있다[8]. 특허 분석을 통해 경쟁자의 기술개발 전략을 모니터링할 수 있고, 자신의 연구개발 전략 수립에 활용할 수 있다.

특허동향 분석을 위해 사용한 Package는 Focust이다. 분석대상 DB는 미국등록특허이며 이는 전 세계 특허의 90%이상을 포함하고 있기 때문이다.

Table 2에서 보는 바와 같이, 특허 Data는 미국/등록 특허 4,172 건 (1970 ~ 2012년)이며, 1차 대상인 특허 8,711 건중 기술연관성이 낮은 특허는 제외한다.

[Table 2] The number of Patent data and Journal data

Data Types	Country/Areas	Periods	Total
Patent Data	U.S/reg. patents	1970~2012	4,172
Journal Data	Global/reg. paper	1970~2012	28,725

#### 3.1.2 논문동향 분석

논문동향 분석을 위해서는 연구성과 추이 및 연구의 파급효과를 고려하여 8,240종에 대한 초록 과 인용정보를 제공하는 SCOPUS DB를 활용한다.

논문DB는 전 세계/등재논문 28,725 건(1970 ~ 2012년)이며, 1차 대상인 논문 50,104건중 기술연관성이 낮은 특허는 제외한다.

#### 3.1.3 정부과제 분석

정부 R&D과제 동향분석을 위하여 NTIS(국가과학기술

술지식정보서비스)를 대상으로 분석하였다. NTIS는 국가 R&D 지식포털 서비스로 범부처 국가 R&D 과제정보를 제공하고 있으며, 현재 국가 R&D사업과 관련된 모든 부처나 청의 사업, 과제, 인력, 연구성과, 연구시설 및 장비 등 2012년을 기준으로 68만여 건의 정보를 서비스하고 있다.

정부과제DB는 2000 ~ 2011년까지 진행된 그린에너지기술관련 정부과제 548건이며, 그린에너지는 연료전지, 석탄액화 가스화 등 신에너지와 태양열, 풍력 등 재생에너지 11개의 중분류를 기준으로 분석한다.

### 3.2 연구방법

특허 및 논문분석에는 정량적인 방법과 정성적인 방법을 공통적으로 적용하였다.

#### 3.2.1 특허분석 방법

본 특허분석에서는 양적인 통계를 의미하는 정량분석과 각 특허가 갖는 기술적인 내용을 의미하는 정성분석으로 나누어 분석한다.

- 정량분석 방법 : 특허를 등록년도 및 출원인 별로 분류하여 각 부문별 특허건수, 점유율 등으로 구분하여 분석 수행
- 정성분석 방법 : 특정 기술분야에 대하여 특허망을 구축하여 특허를 보유하고 있는 기업이나 출원인들을 살펴보고, 분야별로 기술에 대한 기술경쟁력 지수를 도출하여 상대비교를 실시

#### 3.2.2 논문분석 방법

논문분석 역시, 양적인 통계를 의미하는 정량분석과 각 논문이 갖는 경쟁력인용을 의미하는 정성분석으로 나누어 분석한다.

- 정량분석 방법 : 논문을 게재년도 및 저자별로 분류하여 각 부문별 논문건수, 점유율 등으로 구분하여 분석 수행
- 정성분석 방법 : 특정 기술분야에 대한 기초연구를 통해 논문을 많이 등재하고 있는 저자나 기관들을 살펴보고, 분야별로 상대비교를 할 수 있는 경쟁력 지수를 도출하여 상대비교를 실시

#### 3.2.3 정부R&D과제 분석

녹색에너지관련 기술 키워드를 기반으로 NTIS 사업

과제 검색을 이용하여 2000 ~ 2011년도에서 해당 기술 관련 과제를 발주하는 관련 부처, 사업명, 과제명 등을 검색한다.

- 사업과제 검색 중 세부사업과 세부과제를 모두 검색하여 그린에너지 촉매기술과 관련된 모든 사업 및 과제를 검색
- 연도별 국가 연구개발 과제 동향을 분석한다.
- 각 기술별로 연도에 따라 연구사업의 증감을 파악

#### 3.2.4 통계적인 접근방법

분석기간은 2008년 촉발된 세계적인 금융위기와 이전 정부의 새로운 녹색성장정책기조를 기준으로 양분(전기 2002~2007, 후기 2008~2012)하여 아래와 같은 가설을 설정한 후 기간별 추세에 대한 변화를 검증한다.

Ho : 그린에너지에 활용되는 촉매기술 특허의 등록건수는 기간별로 차이가 없다.

Ha : 그린에너지에 활용되는 촉매기술 특허의 등록건수는 기간별로 차이가 있다.

## 4. 실증분석

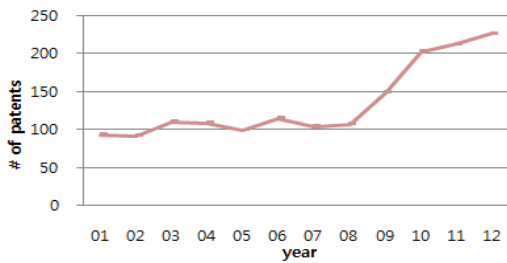
### 4.1 특허동향 분석

그린에너지 촉매 기술분야 3개년도 특허증감 및 점유율 ('01 ~ '12)을 4개 주기로 나누어 기술분야별 3개년 특허증감을 분석한 결과 :

- 연료전지 촉매기술 분야가 41.9%, 석탄액화 가스화 촉매기술 분야가 23.6% 순으로 나타남
- 태양열, 태양광발전, 바이오매스 에너지 촉매기술 분야는 현저히 낮음
- 폐기물에너지 촉매기술 분야의 경우 단 1건의 특허만 기록

그린에너지에 활용되는 촉매기술 특허는 전체적으로 2000년대에 증가하는 추이를 나타내고 있으며, 특허등록건수가 2000년 대 후반에 크게 증가하는 경향을 보인다. 이러한 현상은 2008년을 기점으로 전 세계적으로 재생에너지의 중요성이 크게 부각되고, 실제로 사용량이 증가한 현상이 반영된 결과로 분석된다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이, 그린에너지에 활용되는 촉매기술 특허는 2000년 대 후반에 크게 증가하는 경향을 보여주고 있다.



[Fig. 1] Patent Trends

Table 3에서 보는 바와 같이, 그린에너지 특허건수가 '08년의 107건을 기점으로 '09년의 149건, '12년 227건으로 급격히 증가하고 있다.

[Table 3] The increasing trends of patents

	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	Total #
Green En.	93	92	111	109	99	115	104	107	149	203	213	227	1,622

#### 4.2 논문동향 분석

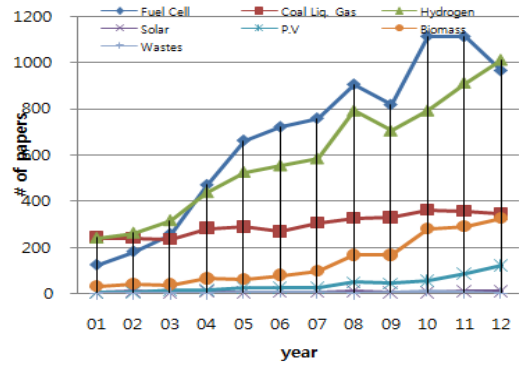
논문의 질적분석지표인 영향력지수 와 기술력지수를 비교분석하였다. 영향력지수 (Patent Impact Index)는 소수기술의 질적수준을 측정하는 지수로 PII가 1이면 평균 인용빈도, 2이면 평균보다 2배 높은 빈도로 인용됨을 나타내며 Table 4에서 보는 바와 같이, 연료전지가 가장 높게 나타났다.

[Table 4] Status of TI and TS

Rank	Sectors	# of Citations	# of Papers	Tech Impact	Tech Strengths
1	Fuel Cell	145,191	8,099	1	10,841.7384
2	Hydrogen	91,277	7,130	1	6,815.8588
3	Coal Liq. Gas	19,463	3,590	0	1,453.3460
4	Biomass	18,791	1,658	1	1,403.1662
5	Solar	7,404	505	1	552.8733
6	Wastes	394	51	1	29.4209
7	P.V.	316	87	0	23.5964

기술력지수 (Technology Strength)는 기술력지수가 클수록 해당 국가나 연구주체의 기술력이 높음을 나타내며 연료전지, 수소에너지, 석탄액화가스화 촉매기술 순으로 나타났다. 태양광발전 촉매기술 분야는 영향력지수는 2위이나, 논문건수의 하위로 인해 기술력지수가 5위에 위치하고 있다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이, 전체적으로 지속적인 성장세를 보이고 있으며, 2004년과 2008년을 기점으로 상승폭에 변화를 보이고 있다. 특히, 연료전지와 수소에너지가 1위, 2위를 차지하고 있다.



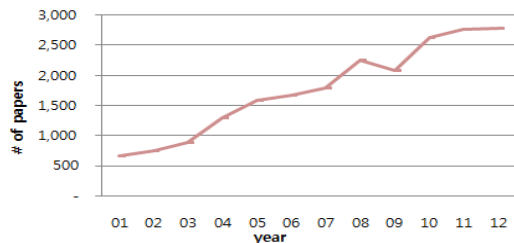
[Fig. 2] Paper Publication Trends by technology

Table 5에서 보는 바와 같이, 그린에너지 논문이 '04년의 1288건과 '08년 2254건으로 상승 전환되면서 급격히 증가하고 있다.

[Table 5] The number of papers on Green Energy

	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12
Fuel Cell	125	183	259	471	663	722	759	906	818	1,114	1,113	966
Coal L.G	243	241	236	283	289	269	307	328	330	362	357	345
Hydro.	241	263	317	438	526	554	584	791	704	791	911	1,010
Solar	6	10	5	11	6	7	7	9	4	4	9	9
P.V.	7	8	18	19	28	28	29	51	46	59	88	124
Biomass	33	42	40	66	64	81	97	168	168	281	291	327
Wastes	2	1	2	-	5	9	5	1	6	13	4	3
Total	637	748	877	1,288	1,381	1,670	1,788	2,254	2,078	2,624	2,778	2,784

Fig. 3에서 보는 바와 같이, 전체적으로 지속적인 성장세를 보이고 있다.



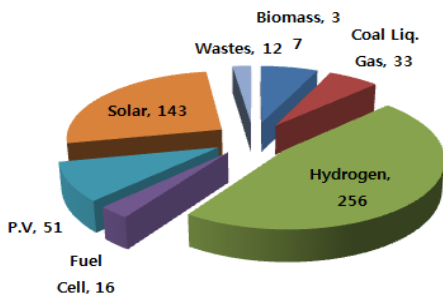
[Fig. 3] The number of papers on green energy

### 4.3 정부R&D과제 분석

그린에너지 촉매관련 과제는 개략적으로 기초연구과제, 응용연구과제, 단기연구과제, 중장기연구과제, 전략과제 등으로 크게 분류된다. 2000~2011년까지의 그린에너지 촉매관련 정부 R&D과제를 분석한 결과, Table 6에서 보는 바와 같이, 그린에너지 기술 관련 과제는 총 548건이 수행되었으며, 2011년도에 수행된 과제의 수가 119개로 연도별 비중이 가장 높게 나타났다.

[Table 6] Annual R&D Projects on Green Energy Tech

	Fuel Cell	Coal Liq. Gas	Hydrogen	Solar	P.V	Biomass	Wastes	Total
'00	1	-	12	3	-	-	-	16
'01	2	-	18	13	3	1	-	37
'02	3	1	13	8	1	1	2	29
'03	-	3	19	11	-	-	2	35
'04	1	2	15	13	2	1	-	34
'05	1	-	32	7	2	2	-	44
'06	3	5	15	13	1	1	3	41
'07	1	1	23	14	1	3	-	43
'08	-	4	27	14	6	6	3	60
'09	3	7	21	13	6	7	-	57
'10	1	3	12	8	4	4	1	33
'11	-	7	49	26	25	11	1	119
Total	16	33	256	143	51	37	12	548

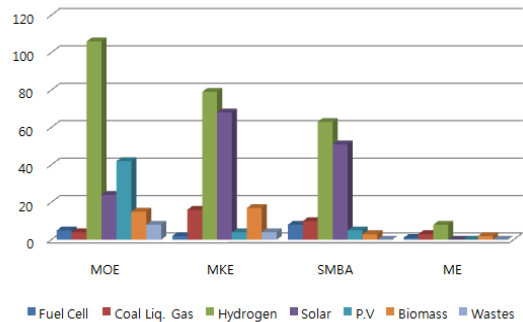


[Fig. 4] Percentage of Government R&D Funds on Green Energy by technology

[Table 8] The t Statistics for Equality of Means

classification	Test of Variance Equality (Levene)		The t Statistics for Equality of Means							
	F	Significance Level	t	df	Significance Level (2-Tailed)	Mean Difference	SE	CI (0.95)		
								Lower	Upper	
The number of patent registration	Variance Equality	20.751	.001	-4.014	10	.002	-76.51429	19.06221	-118.987	-34.041
	Variance non-Equality			-3.364	4.182	.026	-76.51429	22.74429	-138.593	-14.434

Fig. 4에서 보는 바와 같이, 수소에너지비중이 가장 크게 나타나고 있다.



[Fig. 5] The status of R&D Funds on Green Energy by Ministries

Fig. 5에서 보는 바와 같이, 각 부처별 과제 동향 분석 결과 교육과학기술부가 총 204개의 과제수로 가장 많은 그린에너지 촉매기술 관련 과제를 수행하였으며, 지식경제부는 190개, 중소기업청은 140개를 수행하였다.

교육과학기술부는 수소에너지 다음으로 태양광발전 기술 관련 과제를 42개 수행하였으며, 중소기업청과 지식경제부는 태양열 관련 과제의 비중이 수소에너지 다음으로 높게 분석되어 각 부처별로 과제 수행 특성의 차이가 파악된다.

### 4.4 통계적인 분석

Table 7과 Table 8에서 보는 바와 같이, 기술적인 통계분석과 기간별 t 검정을 실시하였다.

[Table 7] Descriptive Statistics

classification	N	Min	Max	Mean	STDDev
1st Half	7	92	115	103.2857	8.95757
2nd Half	5	107	227	179.8000	50.29115

(1) 독립표본 검정

[독립표본 검정; Levene의 등분산 검정]

-가설 :

- a. 귀무가설 : 그린에너지에 활용되는 촉매기술 특하의 등록건수는 기간별로 분산에 차이가 없다.
- b. 대립가설 : 그린에너지에 활용되는 촉매기술 특하의 등록건수는 기간별로 분산에 차이가 있다.

-검정통계량과 유의확률 :

$F = 20.751, p = 0.001$

-검정 :

유의확률 p-value가 0.001로 유의수준(a) 0.05보다 작으므로 귀무가설을 기각한다. 즉, 그린에너지에 활용되는 촉매기술 특하의 등록건수는 기간별로 분산에 차이가 있다고 가정한다.

(2) 평균의 동일성에 대한 t-검정

등분산을 가정할 수 없으므로, 2번 째 결과 분석을 봐야 한다.

-가설

- a. 귀무가설 : 그린에너지에 활용되는 촉매기술 특하의 등록건수는 기간별로 평균에 차이가 없다.
- b. 대립가설 : 그린에너지에 활용되는 촉매기술 특하의 등록건수는 기간별로 평균에 차이가 있다.

-검정통계량과 유의확률

$t = -3.364, p = 0.026$

-검정

유의확률 p-value가 0.026로 유의수준(a) 0.05보다 작으므로 귀무가설을 기각한다. 즉, 그린에너지에 활용되는 촉매기술 특하의 등록건수는 기간별로 평균에서 차이가 있다.

위의 내용을 종합하여 볼 때, 대체적인 결론은 기간별 촉매기술 특하의 등록건수 평균값에서 상호간 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 이러한 분석 결과는 앞서 제시한 ‘그린에너지에 활용되는 촉매기술 특하의 등록건수는 기간별로 차이가 있다’라는 ‘가설’을 지지한다.

## 5. 연구결과 및 시사점

### 5.1 연구결과

특허자료에 대한 분석결과를 보면 연료전지 촉매기술 분야가 41.9%, 석탄액화 가스화 촉매기술 분야가 23.6% 순으로 나타났다. 논문자료에 대한 분석결과를 보면 2000년대 대체적으로 성장세를 보이고 있으며, 특히 2004년과 2008년을 기점으로 상승폭에 큰 변화를 보이고 있다. 특히, 연료전지와 수소에너지가 1위, 2위를 차지하고 있다.

정부 R&D과제에 대한 분석결과를 보면 수소에너지 기술이 256건으로 가장 높게 나타났다. 수소에너지 기술은 전체의 47%로 가장 높은 점유율을 차지하고 있으며 이어서 태양열, 태양광발전, 바이오매스, 석탄액화가스, 연료전지, 폐기물에너지 순으로 나타났다. 특히 2011년에는 각 부처의 과제수가 급격히 증가하는 추세를 보여주고 있다. 이는 최근 수소에너지, 태양광 등의 그린에너지 기술 분야에 대한 정부 R&D 정책이 선진국과의 기술격차를 줄이고 수출산업화까지 달성하겠다는 선택과 집중이라는 정부산업전략에 따른 결과라고 할 수 있다. 그린에너지 관련 수소에너지 기술에 대한 수요가 증가하고 있다는 현상을 읽을 수 있다. 수소에너지 기술을 포함하여 석탄액화가스, 태양열, 태양광발전, 바이오매스 기술은 2000년대 하반기에 들어서 급격하게 과제수가 증가되었으며, 향후 예도 관련 과제의 수가 증가할 것으로 전망된다.

결론적으로 그린에너지 기술개발동향에 있어 전체적으로 연료전지, 수소 및 석탄액화기술이 중요한 위치에 있다는 최신동향을 파악하게 되었다.

### 5.2 시사점

그린에너지에 활용되는 촉매기술에 대한 연구개발 및 특허는 기술적으로 재료별, 기능별, 반응별, 적용분야별, 형태별 등 다양한 분류기준에 따라 살펴볼 수 있다. 하지만 전체적으로 보면 2000년대에 대체적으로 증가하는 추세가 나타나고 있으며, 특히 2008년을 기점으로 연구개발비가 증가하고 특허등록건수도 크게 증가하는 현상을 보여주고 있다.

에너지원별 분석결과를 살펴보면 연료전지, 수소 및 석탄액화 가스화분야에서 촉매관련 R&D가 크게 증가하고 있다. 따라서 이들 분야에서 그린에너지 산업활동이

점점 더 증가할 가능성이 높다는 사실에 주목할 필요가 있다. 이들 분야에서 실용화를 위한 후속 연구개발 및 사업화 전략을 수립하는 것이 필요할 것으로 판단되며, 향후 연구개발에 주요한 시사점으로 주목할 필요가 있을 것이다.

연구개발의 동향을 파악하는 방법에는 여러 가지가 있지만 결국은 미래예측에 대한 방법에 속한다고 할 수 있다. 산업화 혹은 응용분야가 넓은 기술개발동향을 파악하기 위해서는 지금까지 진행된 정부 R&D과제와 연구개발의 결과로 창출된 등록특허에 대한 분석을 통해서 개략적인 방향을 파악할 수 있다. 하지만 보다 기초적이고 원천적인 연구개발은 학술지 분석을 통해서 알 수 있다. 연구개발 방향설정과 동향분석은 결국은 미래예측에 관한 것으로 본질적으로 불확실성이 존재한다는 점을 고려해야 하며 특정한 한 가지 방법에 의존하기 보다는 종합적인 접근이 필요하며 일회적인 분석으로 끝내지 말고, 주기적인 모니터링을 통해서 궤도를 수정하고 보완해 가는 노력이 필요하다는 점을 인식해야 할 것이다. 종합적으로 학술적인 측면에서 특히는 연료전지 촉매기술이 41.9%, 석탄액화 가스화 촉매기술이 23.6% 순으로 나타났으나, 논문은 연료전지와 수소에너지가 1위, 2위를 차지하고 있어 화석연료에 분류되는 석탄에서 수소에너지 등 순수한 녹색성장 기술로의 전환에 대한 관심이 커지고 있음을 시사점으로 확인할 수 있었다. 또한 실무적인 측면에서 특허등록건수에 대한 통계분석의 결과를 통해 후반기(2008년 이후 기간)의 녹색성장 실적이 커지고 있다는 점이 확인됨에 따라 실무적으로 구체적인 대응전략을 수립하는 것이 필요하다는 시사점을 도출할 수 있다.

### 5.3 연구의 한계 및 향후 연구과제

#### 5.3.1 연구의 의의

본 연구의 의의는 그린에너지 기술개발에 대한 필요성과 노력이 계속되는 가운데 녹색성장 기술성과향상에 중요한 역할을 담당하는 그린에너지 촉매기술에 대해 구체적인 데이터를 바탕으로 체계적인 분석을 수행하여 그린에너지 연구개발 전략수립에 활용할 수 있는 주요한 최신동향을 파악하였다는 점이다.

#### 5.3.2 연구의 한계 및 향후 연구과제

이번 연구에서 연료전지, 석탄액화가스화, 수소에너지, 태양열, 태양광발전 및 바이오매스 6개 발전원만 분

석하였다. 신성장에너지분야 11개 발전원 전체를 대변할 수 있는 종합적인 접근을 시도하지 못한 한계가 있다. 또한 신재생에너지산업의 산업화정책은 국내뿐만 아니라 미국 등 전 세계적인 흐름이므로 국제적인 비교평가가 보다 유익하다고 판단하고 있으나 관련 자료입수의 한계로 이번 연구에서는 제외할 수밖에 없었다.

향후의 연구과제로 위에서 제기한 신재생에너지 11개 발전원 전체를 포함하는 연구와 신재생에너지 시장에서 큰 영향을 미치고 있는 중국과 독일 등 주요국과의 비교 연구를 제안한다.

## References

- [1] Glenn, J. & Gordon, T. "Future Research Methodology version 3.0." The Millennium Project, 2009.
- [2] Popper, R. "Foresight Methodology, The Handbook of Technology Foresight : Concepts and Practice" Edward Elgar. UK, 2008.
- [3] Robert Phaal, "Technology roadmapping: linking technology resources to business objectives", University of Cambridge, 2003.
- [4] Seuk-Jin Jung, "green energy and environment catalyst", Gypmundang, pp.125, 2010.
- [5] Seuk-Jin Jung, "green energy and environment catalyst", Gypmundang, pp.163-164, 2010.
- [6] Ji-Ho Whang, Seuk-Ho Sohn, "establishing future technology forecasting model through analysing U.S technology forecasting methodology", STEPPI, pp.23, 2010.
- [7] Jang-Hyuck Yoon, "patent information analysis : tools for systemic R&D planning", Techno management informatin center IE webzine, Vol. 18, 3, No. 3, 2011.
- [8] Holger Ernst, "Patent Information for strategic technology management", World Patent Information, Vol. 25, pp.233-242. 2003.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0172-2190\(03\)00077-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0172-2190(03)00077-2)
- [9] Popper, R., "How are foresight methods Selected?", PREST Manchester Institute of Innovation Research, 2008.



오 낙 교(Nak-kyo Oh)

[정회원]



- 1986년 2월 : 인하대학교 행정학과 (행정학사)
- 1991년 6월 : Drexel Uni. MBA (경영학석사)
- 2002년 6월 : Bethany Seminary 박사 (교육학)
- 2013년 2월 : 고려대학교 박사수료 (에너지환경정책)
- 1998년 7월 ~ 현재 : RIST 에너지환경연구소 책임연구원, 기업기술가치평가사

<관심분야>

녹색성장 및 에너지환경 분야, 신기술/신성장 R&D전략 등  
MOT, 기술/시장/사업성 분석 및 Risk관리