

# LDA알고리즘을 활용한 태양광 에너지 기술 특허 및 논문 동향 연구

이종호, 이인수, 정경수, 채병훈, 이주연  
아주대학교 신산업융합기술센터

## Patents and Papers Trends of Solar-Photovoltaic(PV) Technology using LDA Algorithm

Jong-Ho Lee, In-Soo Lee, Kyeong-Soo Jung, Byeong-Hoon Chae, Joo-Yeoun Lee  
New industry convergence technology R&D center, Ajou University

요 약 산업의 급격한 발전은 화석에너지의 고갈을 야기하였고, 이러한 이유로 화석연료를 대체하기 위한 에너지로 태양광에너지가 각광받기 시작하였다. 하지만 기술발전이 있어 전체적인 연구방향 및 향후 연구 방향에 대한 논의가 부족하였다. 이에 보다 효과적인 기술개발을 위해 특허 데이터와 논문 데이터를 활용하여 태양광 에너지의 기술 동향을 파악하고 논의를 진행하였다. 분석방법으로는 토픽 모델링과 텍스트 마이닝을 활용하여 1997년도부터 2015년까지의 데이터를 토대로 기술 동향과 연구의 방향성에 대하여 분석한다. LDA알고리즘을 통하여 토픽을 선정하고, 선정된 기술 범주에 포함된 키워드의 증가량을 살펴보고, 태양광 기술의 발전방향에 대하여 분석하였다. 태양광 발전 기술에 대한 연구는 꾸준히 진행될 것으로 예상되며, 특히 고효율화 및 고성능화 기술에 대하여 집중적으로 연구가 이루어질 것으로 분석된다. 향후 연구로는 해외의 특허데이터와 다양한 논문데이터를 추가하여 연구를 진행할 수 있을 것이다.

주제어 : 신재생에너지, 태양광, LDA, 토픽 모델링, 트렌드 분석

**Abstract** Solar energy is attracting attention as an alternative to fossil fuels. However, there was a lack of discussion on the overall research direction and future direction of research in technology development. In order to develop more effective technology, we analyzed and discussed the technology trend of solar energy using patent data and thesis data. As an analysis method, topics were selected by using topic modeling and text mining, the increase of included keywords was analyzed, and the direction of development of solar technology was analyzed. Research on solar power generation technology is expected to proceed steadily, and it is analyzed that intensive research will be done especially on high efficiency and high performance technology. Future studies could be conducted by adding overseas patent data and various paper data.

**Key Words** : Renewable Energy, PV, LDA, Topic Modeling, Trend analysis

\* 본 논문은 2017 년 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원 학술연구비에 의하여 지원되었음

Received 1 August 2017, Revised 1 September 2017  
Accepted 20 September 2017, Published 28 September 2017  
Corresponding Author: Joo-Yeoun Lee(Ajou University)  
Email: jooyeoun325@ajou.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

산업의 급격한 발전은 인간의 노동력을 대체할 수 있는 기계 및 설비 등의 발전에 영향을 미쳤으며, 이는 결과적으로 에너지 소비를 통한 편리한 생활을 영위할 수 있도록 하였다. 그러나 에너지의 과도한 소비에 의해 이산화탄소 배출량이 증가하고 지구 온난화와 화석연료 고갈 등의 문제 등이 발생하게 되었으며, 최근에는 이를 해결하기 위한 신성장동력 기술로 신재생에너지를 제시하였으며, 기술을 선점하기 위한 연구개발의 투자가 진행 중이다.

화석연료를 대체하기 위한 에너지 자원으로 주목받고 있는 신재생 에너지원으로는 태양광과 태양열, 수력, 풍력, 수소에너지, 지열 등이 있다. 그 중에서도 태양광에너지는 <Table 1>과 <Table 2>에서와 같이 가장 많은 잠재량을 지니고 있는 에너지원이다. 또한 기술적인 발전을 통하여 태양광에서 에너지를 가장 많이 확보할 수 있을 것으로 기대하고 있다[1, 2]. 우리나라는 태양광, 수소

연료전지와 풍력의 기술개발사업에 투자하고 있으며, 보다 효과적인 신재생에너지 관련 기술 개발을 위해 기존 데이터 분석을 통해 연구 방향을 결정하고 투자분야에 대한 불확실성을 감소시킬 수 있는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 태양광에너지와 관련된 특허 데이터와 논문 데이터에서 나타나는 핵심 키워드들을 분류하여 국내 기술 발전 동향을 파악할 수 있는 분석모델을 제시하여 향후 태양광에너지 관련 기술 개발을 위한 기반으로 활용하고자 한다. 분석 과정에서는 기 수집된 빅데이터(Big data)에 대한 분석 용이성을 위한 데이터 전처리과정을 수행하고 토픽모델링 기법을 적용하여 분석 결과에서 도출되는 키워드의 출현빈도에 관하여 시계열 그래프로 표시하는 기능들로 구성한다. 본 연구에서 결과로 제시되는 트렌드와 연구 동향을 반영한 결과는 태양광 에너지 분야의 연구자들에게 앞으로 관련 연구 진행에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

<Table 1> Korea Energy Agency(Renewable Energy Center,) 2015, 2014 Renewable energy Industrial statistics

Sources	Company		Workforce		Investments (\ billion)		Exports (\ billion)		The total Sales (\ billion)	
PV	135	28%	8,239	52%	488.9	56%	2,546.20	79%	6,335.80	63%
CSP	28	6%	283	2%	0.4	0%	0.5	0%	32.1	0%
Solar-cell	11	2%	562	4%	86.8	10%	0.2	0%	228.4	2%
Hydro-E	5	1%	162	1%	3.4	0%	-	0%	222.8	2%
Waste-E	129	27%	2,011	13%	157.3	18%	8.2	0%	794	8%
WIND	37	8%	2,424	15%	74.2	8%	562.5	17%	1,286.60	13%
Total	485	100%	15,707	100%	873.8	100%	3,221.70	100%	10,128	100%
Wave	4	1%	81	1%	1	0%	2.1	0%	14.5	0%
Geothermal	26	5%	504	3%	12.6	1%	-	0%	108.3	1%
Bio-E	110	23%	1,441	9%	49.2	6%	102	3%	1,105.50	11%

<Table 2> Korea Energy Agency, 2016, Renewable energy potential

Sources	Theoretical potential	Geographical potential	Technical potential
PV	11,370,987	3,767,130	1,161,080
WIND	172,190	71,936	24,424
Bio_E	367,094	16,590	11,481
Waste-E	14,091	13,386	10,360
Geothermal	5,253,414	2,115,869	12,528
Wave	43,427	22,698	7,250
Total	17,221,203	6,007,609	1,227,123

## 2. 선행연구

기존의 태양광에너지 관련 연구를 살펴보면 개발 기술에 대한 특허 동향 분석이나 활용 방안에 초점을 맞추어 진행되어 왔다. 문운석, 김석수(2015)는 뷰티-IT융합 기술에 대한 산업의 트렌드분석을 하였다[3]. 특허 분석은 기술 시장의 성장 단계를 5가지로 구분하여 기술의 위치를 살펴볼 수 있다[4]. 김중찬(2016)은 특허분석을 이용한 기술전략수립을 통하여 디스플레이 기술의 발전 방향과 전략방향에 대한 방법론은 제시하였다[5]. 특허뿐만 아니라 많은 전문가들에 연구되고 있는 논문 또한 많은 정보를 가지고 있지만 논문 데이터에 대하여는 배제되어 있다. 구자욱(2017)은 논문 및 특허 데이터를 활용한 시계열 분석과 노드엑셀을 활용한 네트워크 분석을 통해 기술 동향을 파악하였다[6]. 기술의 발전 방향을 예측하기 위해서는 특허뿐만 아니라 관련 논문을 통하여 연구 동향을 동시에 분석하여야 현재까지의 기술 분석과 차후의 연구 방향성을 제시할 수 있다[7].

이를 위한 방법론으로 토픽 모델링을 활용하였다. 토픽 모델링이란 다양한 문서에서 나타나는 키워드를 통해 문헌의 주제를 정리 및 검색, 이해를 돕는 방법이다. 토픽 모델링은 정형 또는 비정형 텍스트 데이터에서 가치와 의미가 있는 정보를 찾아내는 텍스트마이닝 기법중 하나로, 수많은 텍스트로 만들어진 문서에서 일정 패턴을 발견하는 기법이다[8]. 다시 말해, 다양한 텍스트로 만들어진 문서 안에서 자주 나타나는 텍스트를 추출하여 이 단어들 간의 관계를 설명하는 방법이다. 토픽 모델링이란 다수의 문서를 쉽게 분석할 수 있는 방법으로, 문서에서 텍스트 정보를 추출 및 분류하여 유사 주제를 내포하고 있는 키워드들을 취합하여 단어 클러스터로 분류한다. 숨겨진 주제를 문서 속에서 발견하는 알고리즘이며, 이 알고리즘은 대용량의 문서를 요약하거나 주제를 탐색하는 데 유용하다. 다양한 프로그램에서 제공하고 있는 알고리즘을 이용하면 대량의 문서에서 제공되는 텍스트 정보들에 대하여 정량적인 접근이 가능하다. 토픽모델링에서 대표적으로 사용되는 알고리즘으로 LDA(Latent Dirichlet Allocation)이 있다[9].

다수의 문서 정보를 분석하고 요약하는 토픽모델링 기법의 특징을 활용하여, 한 분야에 대한 트렌드 분석과 SNS 사용자들의 특정 반응 분석, 유행 주제에 대한 탐색

등 다수의 연구에서 활용가능하다. 특정 연구의 트렌드를 연구할 때 활용하는 방법으로는 기사 데이터를 이용하는 오피니언 마이닝과 문헌정보학, 경제연구 등의 동향을 분석한 연구가 다방면으로 진행되고 있다[10]. LDA 알고리즘을 이용하여 토픽모델링을 활용한 논문을 참고 자료로 살펴보았다. 장남경(2013)은 한국패션디자인학회의 창간호인 2001년부터 2015년까지 발표 논문의 주제어와 초록을 수집하여 국내 패션 디자인 분야의 연구동향을 파악하였다[11].

태양광에너지와 관련하여 특허데이터를 분석한 연구는 많이 진행되어 왔다. 중소기업청에서 제공하는 기술로드맵을 살펴보면 특허 정보를 활용하여 태양광 기술들의 발전 방향을 나타내었다. 특허를 가지고 분석한 로드맵에서는 태양광 핵심 기술을 모듈, 공정장비, 컨버터 기술로 정의하고 있다. 특허와 마찬가지로 논문도 기술과 연구의 트렌드를 반영하는 정보임에도 불구하고 특허 기술만 분석할 뿐 등록된 논문에 관한 연구는 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구는 특허 데이터와 논문데이터를 활용, 토픽모델링을 사용하여 현 연구의 경향을 분석하고 차후 연구가 나아갈 방향에 대한 예측을 하고자 한다.

## 3. 연구방법

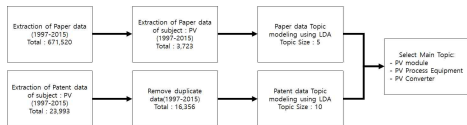
### 3.1 분석대상

본 논문은 논문데이터와 특허데이터를 수집하여 데이터 전처리를 진행하고, 분석 모델을 적용하여 분석을 진행하는 과정으로 진행된다. 본 연구에서 분석한 특허 데이터는 특허 출원이 증가세를 보이는 1997년도부터 2015년까지의 기간의 국내 특허로 한정하여 WIPSON의 검색서비스인 Wipson을 통해 수집하였다. 논문 데이터는 수집한 특허 데이터와의 비교·분석을 위하여 동일 기간의 데이터를 톱슨로이터社에서 제공하는 인용색인 데이터베이스인 Web of Science를 통해 국내 논문 데이터를 수집하였다.

태양광 관련 특허 데이터의 초기 검색 결과의 특허 데이터 수는 약 24,000건이었으나 데이터의 정확성을 높이기 위해 검색된 특허 데이터 중 중복값과 특허 출원이 미비한 과거 데이터를 제외하여 최종적으로 특허 데이터를 총 16,356건 수집하였다.

논문 데이터로는 Web Of Science를 활용하여 데이터를 수집하였으며, 1997년부터 2015년 데이터 중 키워드로 태양에너지와 관련한 키워드가 포함된 논문만을 추출하여 사용하였다. 논문 키워드로 "Energy"와 "Solar"를 갖고 있는 논문 데이터를 추출하여, 논문 데이터는 총 3,723건을 수집하였다.

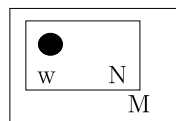
본 연구를 수행하며, 토픽 모델링을 통한 분석을 진행할 때 입력변수로는 특허 데이터 중 발명의 명칭 및 요약 등 특허의 특징을 명확하게 드러내고 있는 텍스트를 활용하였다. 또한 논문데이터로는 제목과 논문 키워드를 활용, 토픽 모델링을 진행하였다.



[Fig. 1] Paper and Patent data Extraction & analysis process

### 3.2 분석방법

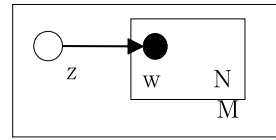
LDA(Latent Dirichlet Allocation) 기반 토픽모델링을 활용하여 특정 문서에서 대한 핵심 키워드를 추출하였다. 발생 데이터를 분석하기 위해 통계적 기법인 PSLI(Probabilistic Latent Semantic Indexing : 확률 잠재 의미 색인)모델에서 발전한 PSLA는 Mixture of Unigrams와 Unigram model로부터 LDA 방법론을 표현할 수 있다 [12]. 전체 문서 데이터(M)에 포함된 문서(N)에 포함된 단어(w)는 다항분포를 사용하여 표현한다. Unigram 모델 안에서 모든 문서에서 단어는 다항 분포로 표현되며, 각 관계는 독립적인 관계로 설명하고 있다. Mixture 모델에서 선택된 토픽(z)에 의해 분류된 문서는 단어의 집합(N)을 따로 독립적으로 생성한다.



[Fig. 2] Unigram Model

$$p(w) = \prod_{n=1}^N p(w_n)$$

[Equation. 1] Unigram Formula

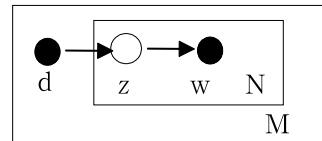


[Fig. 3] Mixture Model

$$p(w) = \sum_z p(z) \prod_{n=1}^N p(w_n|z)$$

[Equation. 2] Mixture Formula

주제 z에 의해 단어의 출현의 여부가 결정되고 문서단위(d)와 단어(w)가 조건부 독립관계로 나타난다. 알고리즘으로 구분한 주제(z)는 문서(d)에 영향을 끼친다. 하지만 각 주제와 유사함에도 불구하고, 각 문서 내 단어는 다양하며, 그 출현 빈도 또한 다르게 나타날 것이다. 따라서 각 문서내 키워드를 통한 단순 모델은 문서 간의 유사성 검토 혹은 주제 분류에서 한계를 가질 수 밖에 없다.

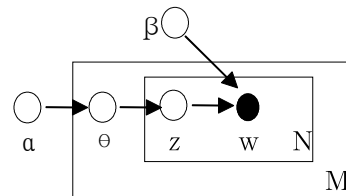


[Fig. 4] PLSI

$$p(d, w_n) = p(d) \sum_z p(w_n|z) p(z|d)$$

[Equation. 3] PLSI Formula

위와 같은 한계를 해결하기 위해서는 문서 내 단어와 문서의 군집 매개변수에 대한 가중치를 계산해야 한다. 이를 LDA 방법론이라 한다.



[Fig. 5] LDA Model

임의 확률 분포와 매개변수가 주어짐에 따라 랜덤 프로세스를 통해 데이터를 생성한다. [Fig. 5]에서 파라미

터  $\alpha, \beta, \theta, z$ 는 숨겨진 매개변수이며 Dirichlet분포를 통해 결정한다.  $\theta$ 는 대상의 각 주제에 대한 가중치의 총합이며, 분석대상이 되는 문서의 토픽 분포와 단어 분포를 나타내는  $\alpha, \beta$ 는 문헌(corpus)단위의 Dirichlet 매개변수이다. 문서생성 과정 모델링은 가중치( $\theta$ )는 주제를 선택하고, 해 주제를 바탕으로 단어를 선택하여 진행된다[13, 14].

본 연구에서는 특허 데이터와 논문 데이터에서 나타나는 문헌 정보를 통하여 각각 5개, 10개의 토픽 주제를 추출하였다. 추출된 주제에 맞는 주제명을 선정하고 태양광에너지 산업의 트렌드에 대해 분석하였다.

#### 4. 연구결과

##### 4.1 키워드를 통한 토픽모델링 결과

분석 결과 <Table 3>과 <Table 4>에서 보이는 것과 같이 토픽들의 추출이 완료되었으며, 이를 위해 각 토픽의 개수를 연구자가 적절한 토픽 모델링 결과가 나올 수 있도록 20개, 15개, 10개, 5개로 조절하면서 분석을 시행하였다. 동일한 키워드가 서로 다른 토픽들 간의 중복이 가장 적어지도록 설정하여 최종적으로 논문은 10개, 특허는 5개의 토픽 개수를 선정하였다. 또한 토픽을 나타내는 단어들과 각 단어들의 출현 빈도에 대하여 나타내었다.

토픽에 대한 분석 후, 선행연구에 따라 태양광 기술 범위를 따라 주제 분류를 진행하였다. 토픽별로 이루어진

단어 클러스터에서 나타나는 주제를 태양광 기술 로드맵이 정의하는 기술의 발전 방향에 맞추어 주제를 선정하였다.

특히 데이터 중 Topic 1과 Topic 4로, 태양광 공정 장비 모듈 성능 개선 기술과 공정장비 모듈 효율 향상 기술을 선택하였다. 또한 토픽에서 나타나는 실리콘, 기판 제조 방법, 규소와 공정 등 태양광 공정 장비의 실리콘을 이용한 잉곳, 웨이퍼, 실리콘 박막등 표면 처리 장비에 관한 기술을 지정하였다.

Topic 2로는 전력변환장치 주제로 시스템, 부하, 인버터, 전력계통 등 전력 변환 장치와 상관있는 키워드가 높은 빈도로 나타나 특허를 구성하고 있다고 분석하였고, 전지 고효율화 기술과 전력변환장치에 대한 성능 향상, 전력제어 기술에 대한 범주가 구분되었다.

Topic 3, 5에는 모듈과 태양전지판, 집광, 작용, 전지에 관한 키워드로 구성하여, 태양광 모듈 범주로 구분하였다. 포함된 내용으로는 환경 혹은 지역에 최적화한 모듈 제조 기술, 태양광 발전 시스템의 계측 모니터링 및 제어 기술, 태양광 모듈 전지 고효율화기술 등 이다.

Topic 1, 8, 9은 태양광 공정에 필요한 재료와 효율성과 관련 있는 단어들과 나노기술, 고성능 등을 포함하여, 태양광 공정 중 세부 기술로 재료에 대한 반응에 대한 연구와 모듈의 효율성을 향상시키는 연구가 진행된 것으로 분석된다. 이는 재료들에 대해 변화되는 성능을 평가하기 위한 연구, 혹은 태양광 공정 장비 중 화합물계, 유

<Table 3> Topic Modeling Result of Patents data

Topic ID	Keywords	Subject
Topic 1	silicon, substrate, forming, semiconductor, manufacturing method, electrode, front, membrane, tube, metal, back, manufacturing, thin film, rubber, oxidation, conductive, acid, sequential, decompression, inner, coating, silicon, containing, porous, titanium, welding, pipe, collector, offering, process, compound, included	PV Module
Topic 2	power, power generation, sunlight, output, system, system, above, load, cooperation, voltage, module, inverter, surplus, capacity, conversion, supply, array, solar cell, battery, invention, power supply, efficiency, generation, solar power generation, operation, dc, case, deficit, compensation, exchange	PV Converter
Topic 3	solar panel, driving, angle, sun, board, control, light bulb, adjustment, snow, motor, rack, battery, off, action, rotation, change, mixing, ground surface, season, place, mechanism, offer, structure, operation, inside, equipment, possible, installation, automatic, support stand, altitude, hemisphere	PV Process Equipment
Topic 4	thin film, chemical, method, use, invention, compound, silicon, reaction, solution, polycrystalline, bonding, improvement, excellent, process, separation, solid phase, transition, metal, amorphous, structure, light, ito, ds, determination, electronic, junction, stable, metal, surface, solar cell, electricity, coolant, composition, duration, conjugate structure	PV Process Equipment
Topic 5	temperature, module, household, location, concentration, element, insulation, type, collector, adjustment, operation, battery, entrance, including automobile, electric energy, power, air, above, exterior, interior, solar, protection, material, effect, thermal energy, eu, boarding, electronic, security	PV Module

&lt;Table 4&gt; Topic Modeling Result of Article data

Topic ID	Keywords	Subject
Topic 1	Solar, cell, light, silicon, diodes, transport, heterojunction, optical, photovoltaic, energy, spectroscopy, charge, zn, efficiency, hydrogen	PV Process Equipment
Topic 2	films, oxide, thin, properties, growth, deposition temperature, surface, conjugated, film, transparent nanorods, electrical, photoluminescence, zinc	PV Module
Topic 3	efficiency, transistor, polymers, field, effect, performance, emitting, mobility, low, design, voltage, stability, carbon, nanowire, temperature	PV Converter
Topic 4	sensitized, arrays, devices, nanowires, nanotubes, nanocrystals, tio2, synthesis, quantum, dots, blends, molecular, polymer, polythiophene, efficient	PV Module
Topic 5	polymer, emitting, derivatives, nanoparticles, fabrication, copolymers, morphology, conjugated, hexylthiophene, pyrolysis, regioregular, thiophene, circuit, emission	PV Module
Topic 6	performance, high, electrodes, layer, organic, electrode, enhancement, photovoltaics, tin, indium, electronics, nanoparticles, metal, zn, cu	PV Converter
Topic 7	films, thin, film, transparent, composite, graphite, photocatalytic, area, graphene, organic, lage, emitting, oxides, nanorod, transistors, copolymer	PV Module
Topic 8	cell, semiconductor, films, chemical, tio2, titanium, water, vapor, dioxide, plasma, structure, mechanism, electrodes, dye, complexes, photoelectrochemical, membranes	PV Process Equipment
Topic 9	deposition, conversion, transfer, electron, chemical, vapor, zinc, composites, charge, separation, layers, route, liquid, carrier, polyfluorene, chain, photoinduced, adsorption	PV Process Equipment
Topic 10	polymer, graphene, nanostructures, hole, reduction, conversion, power, ion, layers, storage, water, tandem, small, networks, contact, diketopyrrolopyrrole, batteries	PV Converter

기계, 실리콘 계의 효율을 높이기 위한 연구가 진행 된 것을 나타낸다.

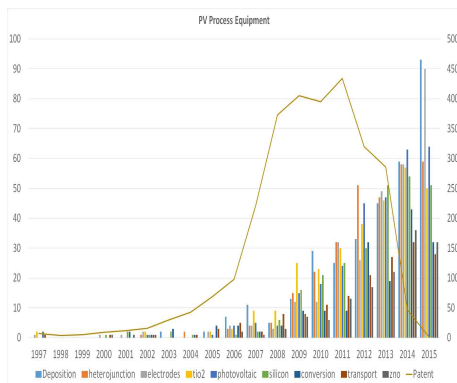
Topic2, 4, 5, 7은 화학물질과 박막기술에 따라 달라지는 성능을 검증하기 위한 연구가 진행된 것을 보여준다. 태양광 모듈의 성능에 대한 연구로 박막의 결정과 입자에 따라 달라지는 효율성 온도의 민감도와 고효율 전지를 위한 에너지 변환에서 효율성 증대에 관한 연구가 이뤄졌다고 분석된다. 이러한 결과는 태양광 발전의 제한에 따른 결과라고 볼 수 있다. 태양광 발전 시 설치 공간의 제약으로 공간효율의 극대화를 위해 고효율 전지에 대한 연구가 진행되고 있다고 분석되며, 부품소재와 발전 시스템의 효율성 증대를 위한 연구가 계속해서 진행된다고 분석할 수 있다.

Topic 3, 6, 10은 전력변환장치에 대한 연구 범주로, 키워드들 중 전력의 수송, 변환, 저장 등이 나타나는 정도에 따라 구분 되어 진다. 전력변환장치는 안정성과 전력변환 효율관련 키워드가 나타났다. 이는 전력을 사용할 때의 효율성과 안전한 전력 변환을 위한 연구가 진행된 것으로 보인다. 전력의 품질을 유지하면서, 손실은 최소화하며, 가장 효율적으로 제공하는 기술에 대한 연구는 태양전지 모듈과 종속적인 특징을 가진다. 이에 따라 태양

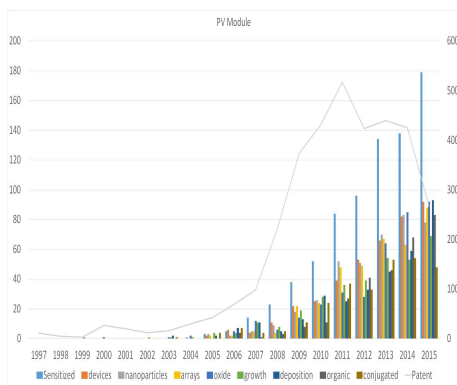
광 모듈과 전력변환장치 범주의 기준이 모호할 수 있다. 하지만 전력변환장치 연구에서는 신재생에너지 기술에서 또한 활용하는 범주이므로 본 논문에서는 태양전지모듈과 전력변환장치연구를 구분하여 분석하였다.

#### 4.2 태양광 에너지 기술 동향 분석

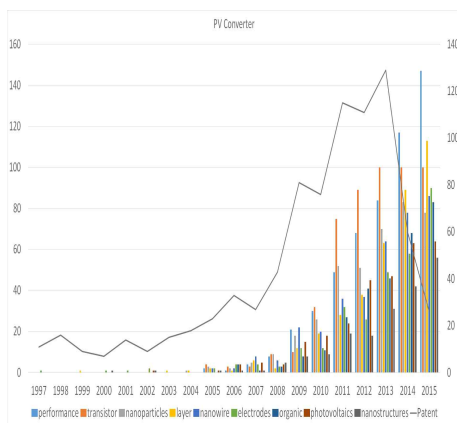
토픽모델링을 통하여 나온 키워드를 토대로 논문과 특허의 연간 증가량을 비교하면 특허의 경우 2007년을 기점으로 급격한 증가세를 보이다가 2011년 이후 점차 감소하는 양상을 보이는 반면, 논문의 경우 지속적인 증가세를 보이고 있다. 이는 2006년 3차 유류 파동이 올 것이라는 당시 전문가들의 의견[15]에 의해서 일부 선진국들이 대체 에너지 개발에 투자를 하면서 국내 많은 기관들도 함께 연구개발에 투자를 한 것으로 보인다. 하지만 점차 특허의 출원이 감소세를 보이면서 기술의 발전 측면에서 바라본 태양광에너지의 원천 기술들은 이미 발전기를 지나 성숙기와 퇴조기 사이에 있다고 판단된다. 따라서 기 개발된 기술을 이용하여 태양광 에너지 발전의 효율성을 극대화하기 위한 연구가 진행되고 있는 것으로 분석된다.



[Fig. 6] Annual Frequency of PV Process Equipment Keyword in Article data and Patent data



[Fig. 7] Annual Frequency of PV Module Keyword in Article data and Patent data



[Fig. 8] Annual Frequency of PV Converter Keyword in Article data and Patent data

본 논문에서의 분석결과를 통해 기술 발전의 흐름은 이미 최고점에 도달하였으나 신재생에너지 기술 중 본 논문에서 다룬 태양광 에너지 기술의 발전은 특허의 관점에서 기술 개발은 꾸준히 진행되고 있다고 분석된다. 차후 연구는 시스템 성능 개선과 안정성 향상에 초점을 맞춰 진행 되어야 할 것이다. 또한 논문 데이터를 통해 살펴본 연구에서는 연료 감응 태양전지와 인버터를 통한 전력처리 및 변환기술과 화학적막막성장법(CVD방법)으로 모듈 생산방식 등을 통해 효율성 극대화에 대한 연구가 증가 될 것으로 분석되었다. 이는 [Fig. 6, 7, 8]에서 확인할 수 있다. 국내 신재생 에너지 시장의 커다란 성장은 국내에서 활발한 다양한 기술들의 연구와 개발을 통해 이뤄졌다. 국가에서 시행하는 다양한 지원과 시장 활성화의 노력의 결과로 높은 기술적 발전이 이뤄졌지만, 태양광 발전기 설치에서 설치 범위와 설치 지형 등의 제약이 계속해서 존재한다. 이로 인해 기술 발전은 좁은 범위 내에서 높은 효율을 갖는 에너지를 발전할 수 있도록 하는 연구와 기술 개발이 계속해서 진행될 것으로 예측된다.

해외에서도 다양한 태양광 발전 기술이 나타나고 있다. IHS에서 조사한 “Top solar power industry trends for 2015”에서는 향후 에너지 수요 중 태양광 에너지의 수요가 25% 증가 할 것이며, CPV(Concentrated Photovoltaic Solar)설비에 대한 지속적인 성장이 이뤄질 것이며, HCPV(High-Concentration Photovoltaic)와 LCPV(Low-Concentration Photovoltaic)시스템이 향후 3년 동안 계속해서 발전할 것이라고 분석하고 있다. 이외에도 태양광 전지 생산에 대한 꾸준한 개발이 이뤄질 것이다. 생산 방식에는 단결정 방식과 다결정 방식이 있기 때문이다. 단결정 기술은 생산 운영의 효율성이 높다. 이는 단가가 낮아지고, 다결정 전지보다 높은 효율을 보이며 다결정 웨이퍼의 생산보다 발전 가능성이 높은 것으로 나타났다[16].

## 5. 결론

본 연구에서는 LDA 알고리즘을 활용하여 특허 및 논문 데이터 분석을 통한 태양광에너지 관련 전반적인 연구 동향과 시간의 흐름에 따른 주요 연구 분야를 도출하였다. 기존의 신재생에너지 시장에 대한 분석은 정책적 동향에 대한 분석과 해외 국가 사례에너지관리공단[1, 2]과

LG경제연구소[15] 등 국가연구기관에서 발행한 보고서에 대한 내용이 대부분이었다. 그러나, 본 연구는 국내 기술 개발 동향 및 특허 활동 뿐만 아니라 연구의 흐름을 정략적 방법을 통하여 접근하여 분석을 진행 하였다.

분석 결과를 통해 국내의 태양광 관련 기술들이 높은 수준으로 발전하였음을 알 수 있었으며, 특허 출원은 지속적으로 감소하는 추세를 보일 것으로 전망되었다. 또한 원천기술 위주의 특허보다는 특정 핵심 기술에 대한 특허 출원이 주를 이룰 것으로 예측되고, 토픽모델링을 통하여 분류한 태양광 공정기술, 태양광 모듈, 태양광 전력변환장치에 대한 향후 연구 방향성은 화학적 박막 성장법(CVD방법), 연료 감응형 태양전지(Dye Sensitized Solar Cell) 그리고 인버터와 관련된 키워드의 빈도가 점차 증가하며 연구가 주로 지형의 한계점을 극복하기 위한 고효율성, 고성능화의 연구가 활발하게 진행될 것으로 분석된다.

본 논문에서는 연구 동향을 분석하기 위하여 특허와 논문데이터의 동시 비교분석을 시도했다는 점에서 그 의의가 있다. 이는 차후 연구 동향 및 발전성을 판단함에 있어 다양한 지표를 추가할 수 있는 가능성을 볼 수 있는데 의의가 있다. 또한 발전 방향성을 탐색하여 다른 나라보다 먼저 기술을 선점할 수 있도록 차후 연구방향을 제시할 수 있었다. 이를 통해 앞으로 우리나라의 태양광에너지 기술개발을 위한 발전 방향성을 도출하는데 도움이 될 것으로 기대한다. 그러나 특허 정보와 논문 정보가 국내 출원으로 한정되어 있어 국외 트렌드를 파악하기 어렵다는 점과 기술의 패러다임에 대한 변화는 정량적인 분석 결과만으로 예측하기 힘들다는 한계점이 있다. 따라서 향후 연구로 신재생에너지 분야의 기술 수준이 높은 해외 선도 국가의 특허 및 논문 데이터에 대한 추가 분석과 관련 분야 전문가들이 제시한 발전 방향성 등의 비교분석을 수행하고자 한다.

## ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE) and Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP). (No.20162010104570).

## REFERENCES

- [1] Korea Energy Agency(Renewable Energy Center), "2014 Renewable energy Industrial statistics", Statistics report, pp.19-33, 2014.
- [2] Korea Energy Agency, "2016 New Renewable Energy White Paper", Trend report, pp.103-110, 2016.
- [3] Won-Suk Moon, Seok-soo Kim, "A Study on the Status Analysis and the Development plan of Beauty-IT Convergence Industry", Journal of Digital Convergence, Vol 13, No.8, pp. 235-243. 2015.
- [4] Rho, S.M, "Big Data Analysis Platform Technology R&D Trend through Patent Analysis", Journal of Digital Convergence, Vol 12, No. 9, pp. 169-175, 2014.
- [5] Kim, J.C., Lee, J.H., Park, S.S., Jang, D.S., "Technology Strategy based on Patent analysis", Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol 26, No.2, pp. 141-146, 2016.
- [6] Gu, J, U, Lee, J, H, Chung, M, S, Lee, J, Y, "Electric Vehicle Technology Trends Forecast Research Using the Paper and Patent Data", Journal of Digital Convergence, Vol 15, No. 2, pp. 165-172, 2017.
- [7] Shin, S.S., Choi, H.R., Lee, H.C., "Topic Model Analysis of Research Trend on Renewable Energy", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol 16, No.9, pp.6411-6418, 2015.
- [8] Kim, M, J, Kim, C, J, "Analyzing Architectural History Terminologies by Text Mining and Association Analysis", Journal of Digital Convergence, Vol. 15, No. 1, pp. 443-452, 2017.
- [9] Blei D.M., Lafferty J.D., "Dynamic topic models", International Conference on Machine Learning, pp.113-120, 2006.
- [10] Mi-ok Kim, Jin-soo Ko, Seung-Chul Noh, Jae-Hoon Chung, "A study of the vitalization strategy for public sports facility through big-data", Journal of Digital Convergence, Vol. 15 No. 2, pp.527-535, 2017.



- [11] Jang, N, K, Kim, M,J, “Research Trend Analysis in Fashion Design Studies on Korea using Topic Modeling”, Journal of Digital Convergence, Vol. 15, No. 6, pp. 415-423, 2017.
- [12] Blei D.M., Ng A.Y., Jordan M.L., “Latent Dirichlet Allocation”, Journal, 2003.
- [13] Tang, J., Wang B., Yang Y., Hu P., Zhao Y., Yan X., Gao B., Huang M., Xu P., Li W., Usadi A.K., “PatentMiner Topic-driven Patent Analysis and Mining”, ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, pp.1366-1374, 2012.
- [14] Seo, H.W. “Recent Progress in Research and Development of Smart Grid Industry by Using Patent Analysis”, Master’s Thesis, Sungkyunkwan University, 2016.
- [15] Lee, J.P. “High oil prices may go on for 10 years”, LG Economic Research Institute, pp.34-38, 2006.
- [16] IHS Technology, “Top solar power industry trends for 2015”, Report, 2015.

이 중 호(Lee, Jong Ho)



- 2015년 2월 : 아주대학교 공과대학 산업공학과(공학 학사)
- 2017년 2월 : 아주대학교 공과대학 산업공학과(공학 석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 국가산업융합 지원센터 연구원
- 관심분야 : 융합기술연구, 기술예측, 정보경영

· E-Mail : zoomzi@ajou.ac.kr

이 인 수(Lee, In Soo)



- 2005년 2월 : 숭실대학교 경영학과 (경영학사)
- 2009년 2월 : 연세대학교 정보산업 공학과(공학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 산업공학과 박사과정
- 관심분야 : 융합기술, 빅데이터, 벤처·창업, 엔젤투자

· E-Mail : insoo97@ajou.ac.kr

정 경 수(Jung Kyeong Soo)



- 2017년 2월 : 아주대학교 기계공학과(공학 학사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 산업공학과 석사과정
- 관심분야 : 융합기술, 빅데이터, 플라즈마,
- E-Mail : chere24@ajou.ac.kr

채 병 훈(Chae, Byeong Hoon)



- 2017년 2월 : 강원대학교 심리학과 (문학사)
- 2017년 2월 : 강원대학교 데이터분석(공학 학사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 공과대학 산업공학과 석사과정
- 관심분야 : 융합기술연구, 데이터분석, 가상현실(VR)

· E-Mail : qudgns147@ajou.ac.kr

이 주 연(Lee, Joo Yeoun)



- 2004년 2월 : 인하대학교 경영대학 경영학박사
- 2014년 9월 ~ 현재 : 아주대학교 공과대학 산업공학과 교수
- 2015년 2월 ~ 현재 : 산업통상자원부 산업융합촉진 옴부즈만(차관급)
- 2016년 7월 ~ 현재 : 한국빅데이터 서비스학회 회장

- 2007년 7월 ~ 2011년 6월 : 한국산업정보학회 회장
- 2011년 12월 ~ 2014년 3월 : 포스코 ICT 그린사업부부장 (전무)
- 2005년 2월 ~ 2011년 11월 : SK C&C 전략마케팅본부장 (상무)
- 1999년 12월 ~ 2005년 1월 : Oracle 전략솔루션실장(상무급)
- 관심분야 : 융합기술, 비즈니스인텔리전스
- E-Mail : jooyeounlee325@ajou.ac.kr