

요 약 문

I. 제 목

차세대 고용량 에너지 저장기술 개발 사업 기획 연구

II. 연구의 목적 및 필요성

-
- 막대한 화석연료의 사용으로 인해 유발되는 급격한 기후변화에 효과적으로 대응하기 위한 요구가 증가하고 있음.
- 이와 더불어, 우리나라는 에너지 자원빈국으로 에너지의 약 96%를 수입에 의존하고 있으나 에너지 소비량은 세계 10위이며, 에너지 소비의 약 97% 및 GDP의 82%를 수입에 의존하고 있어, 기존 탄소 기반 연료를 대체할 수 있는 청정에너지원의 개발이 시급함.
- 세계 각국이 한정된 에너지 자원을 전략적으로 무기화하고 있음을 고려할 때, 국가 에너지 안보를 위한 신재생에너지의 개발 전략이 요구됨.
- 뿐만 아니라, 무한하지만 변동성이 큰 신재생에너지를 안정적으로 사용하기 위하여 잉여의 재생에너지를 효과적으로 저장할 수 있는 고용량 에너지 저장 기술의 개발이 반드시 필요함.
- 이를 위해서는 기존 기술의 한계를 돌파하는, 에너지 저장/변환에 관련된 에너지 운반체로 정의할 수 있는, 신개념 에너지 캐리어의 발굴이 요구됨.
- 수소는 차세대 수송용 및 전력저장용 에너지 저장을 위한 친환경 에너지 캐리어로서, 이를 이용한 대규모 에너지 저장 기술은 잉여 신재생에너지의 청정저장 개념임과 동시에 에너지-환경-성장의 트릴레마(Trilemma)의 해결을 가능케 하는 수소에너지의 개발의 핵심임.
- 상술한 미래에너지 기술인 수소 기반의 혁신적 고용량 에너지 저장 기술은, 이전에 수행하였던 미래부의 21세기 프론티어 사업의 우수한 성과를 발전시킴과 동시에 창조형 융합기술의 개발을 위한 정부주도의 국가적 에너지 프로그램 발굴이 절실히 요구되는 이 시점에서, 중단기적인 관점에서 미래부가 주도적으로 추진해야 할 적정분야임.
- 국민의 안심 삶을 확보하고 국가 미래 성장동력을 창출하기 위한 차세대 에너지원의 개발이 필요하며, 이중 대전력 에너지원의 저장/수송과 장시간 사용가능한 새로운 모바일용의 에너지원의 개발이 필요함
- 차세대 모바일 ICT 기기, 무선 센서 네트워크, 헬스 케어, 나아가 생체 소자 등의 동력원에 필요한 새로운 개념의 에너지 소자에 대한 연구 개발이 요구됨. 그리고 응용

될 소자가 갖는 다양한 크기와 형상에 대응할 수 있도록 초소형/고집적/유연화 등 기초 원천 기술 개발이 요구됨

- 차세대 모바일 ICT 시장은 기기 구동 시간의 안정적 확보를 통한 사용자 편의성에 대한 획기적 증진이 요구되고 있으며, 이를 위해서는 2차 전지의 고에너지밀도화 만으로는 그 한계가 있음. 또한 현 수준의 에너지 획득 시스템의 경우 다양한 형상과 크기를 갖는 차세대 모바일 ICT 디바이스 대응 가능하게 구현이 되어야 하며, 획득된 에너지의 효율적인 저장 및 활용 기술이 필요함
- 에너지 획득과 저장의 하이브리드 기기에 본질적인 한계점을 극복하기 위해서는 에너지 획득의 주요 수단인 태양광, 열전, 압전에너지에 대한 효율향상 연구와 주요 저장 수단인 이차전지나 슈퍼캐패시터에 대한 효율향상 연구가 개별적으로 이루어져 함

III. 연구의 내용 및 범위

- 국내외 수소에너지 관련 시장 분석 및 기술의 수요 전망
- 국내 주요 사업 추진현황 및 기술개발 역량 조사
- 수소 기반 에너지 저장 관련 사업 분야 및 세부기술 도출
- 원천핵심기술 확보방안 및 추진전략 수립
- 국가적 차원의 단기, 중기, 장기적 관점의 에너지 비전 제시
- 에너지 생산(Harvesting) 및 저장(Storage) 소재·소자 각각의 국내외 기술개발 동향, 현단계 기술수준 및 연구역량, 문제점, 기술 및 시장 전망
- 향후 초소형 에너지 저장 소자의 전망
- 소자 요구사항에 따른 대표적인 예시 에너지 저장 통합 소자 제시 (IoT용, mobile 기기, USN 등)
- 각 소자의 달성하는데 어려운 점 및 연구과제를 통한 해결방안 제시
- 중점투자 분야 도출 및 로드맵

IV. 연구결과

- 국가적인 차원에서 해결해야 할 화석연료의 의존도 감소, 전력 공급의 안정성 확보 및 신재생에너지의 보급 확대를 위해서는 친환경 에너지 캐리어인 수소 기반 대용량 에너지 저장기술의 원천 및 응용기술의 확보가 필요함.
- 신재생 에너지와 연계된 수소의 제조 및 이를 활용한 대용량 에너지 저장은 지구 기후변동 및 국가 에너지 안보를 해결할 수 있는 잠재적 미래기술로서 가장 이상적임.
- 미국, 유럽 등에서는 신재생에너지의 대규모 전력저장으로 수소에너지의 활용이 이루어지고 있는 반면 국내는 신재생에너지 연계 수소 기반의 에너지 저장의 중요성이 인식되고 있지 않음.
- 미래부 21세기 프론티어 수소사업단 (2013년 종료)을 통해 국내 수소에너지기술은 비

약적인 발전을 이루어 2012년 기술수준이 세계 최고 수준 대비 75%에 도달하였음.

- 그러므로, 앞서 확보된 기초·원천 기술들을 발전시키고, 새롭게 각광받는 신기술들을 반영하여 경제성을 확보함으로써 세계 기술을 선도할 수 있는 차세대 대용량 에너지 저장 기술개발 사업이 반드시 필요함.
- 본 기획사업을 통해서 수소의 제조를 위한 “신재생 에너지 연계형 수전해기술”을 비롯하여, 이렇게 생산된 수소를 효과적으로 저장하기 위한 기술로서 (1) 광전기화학적 수소저장 기술, (2) 화학적 수소저장 기술, 및 (3) 물리적 수소저장 기술”을 우선 투자되어야 할 연구 사업으로 선정함.
- 다양한 품-팩터를 갖는 디바이스 분야의 신 시장 창출은 제조업 분야 뿐 아니라 관련된 SW 및 콘텐츠 등의 서비스 분야 성장에도 기여할 것으로 기대됨.
- 모바일 에너지원 중 하나로서, 나노기술을 이용한 고효율 플렉시블 열전 소자가 주위 환경 온도변화 및 체온을 이용한 주요 에너지원이 될 것으로 기대됨
- 압전 에너지 소자의 특성 평가는 물리, 재료, 기계, 전기/전자 공학 분야의 전문 지식이 요구되는 분야이므로 이들 분야 간의 융합 연구를 활성화하는데 기여.
- 이차 전지 소재 기술은 원천 소재 개발뿐만 아니라 소재 합성 공정 개발, 기초 연구, 표면 개질, 전지 시스템 개발 등 다양한 분야의 기술을 요구하는 분야로서 다양한 분야에 대한 연구를 통하여 융합 기술이 발전 할 것으로 예상됨.

V. 연구결과의 활용계획

- 국내외 수소에너지 관련 기술에 대한 환경분석, 수요전망, 우수성, 차별성, 시급성을 토대로 4개의 세부사업과 14개의 세부유망기술을 도출하였음.
 - (제1세부) 신재생 에너지 연계형 수전해기술 기술: 태양광 및 풍력 등으로부터 생산되는 잉여의 전력을 이용하여 물로부터 저가격 고효율로 수소로 생산하는 기술.
 - (제2세부) 광전기화학적 수소저장기술: 태양광으로부터 물을 수소 및 기타 연료로 전환하는 기술.
 - (제3세부) 화학적 수소저장기술: 이산화탄소, 질소 등과 같은 소분자와 액상 화합물을 이용하여 대용량으로 수소를 저장하는 기술.
 - (제4세부) 물리적 수소저장기술: 다양한 물리적 수소저장 재료를 활용하여 대용량으로 수소를 저장하는 기술.

세부사업	세부기술
신재생 에너지 연계형 수전해기술	- 알칼라인 수전해기술 - PEM 수전해기술 - 하이브리드 수전해 기술
광전기화학적 수소저장기술	- 태양광 이용 광전기화학셀 개발 - 고효율 태양전지-광전기화학셀 융합 시스템 개발 - 광-바이오 융합 광전기화학 시스템 개발 - 광촉매 기반 이산화탄소 전환 기술 개발
화학적 수소저장기술	- 이산화탄소 기반 수소저장 기술 - 질소 기반 수소저장 기술 - 액상 화합물 기반 수소저장 기술
물리적 수소저장기술	- 맞춤형 고용량 수소 저장 알칼리 금속나노입자 생산 기술 - 알란기반 수소저장기술 - 나노다공성 물질 기반 가역적 수소저장/방출기술 - 스마트 준결정 수소저장기술

○ 초소형 에너지원의 생산/저장분야의 원천기술을 확보하여 새로운 시장을 창출을 위한 신성장동력을 확보하기 위하여 10개의 신규과제를 위한 RFP를 도출하였음

	과제명
1	차세대 소듐이차전지용 신소재 개발 (저가 고용량 소듐이온전지 양극 소재 개발)
2	차세대 에너지 발전 / 저장 소자 및 고효율 하이브리드 시스템 집적화 기술 개발
3	저온 구동 가능한 실리콘-황화리튬 완전 전고상 이차전지 개발
4	Polysulfide의 생성제어를 통한 가역적인 리튬-황 이차전지의 제조
5	웨어러블 스마트워치 시곗줄용 섬유기반 이차전지 설계
6	친환경 에너지 저장을 위한 수용액 전해질 이차전지
7	초소형 전원장치로서 리튬박막전지 대체형 마이크로-에너지저장장치 개발

8	Wireless Sensor Network(WSN)을 위한 초소형 자가충전 전원장치 개발
9	플렉시블/신축성 고효율 초경량 태양 전지 소재 및 소자 원천 기술 개발
10	친환경 신소재 기반 고효율 태양 전지 원천 기술 개발

SUMMARY

I. Subject of Topic

Development of Research Plan on High Capacity Energy Storage Technologies for Next-Generation

II. Objectives and Significance

- To deal with the climate change potentially induced by fossil fuel uses, it is necessary to search clean energy sources as alternatives to the currently used carbon based energy resources.
- Korea, as the 9th largest green house gas emitter in the world, is highly forced to cut green house gas emissions by the global society. In addition, Korea is the world's 10th biggest energy consumer with 97 percent of its total energy supply coming from imports. Innovative technologies associated with clean energy are thus needed.
- Given that many advanced countries have weaponized limited energy resources, Korea needs novel energy strategies for the future national energy security.
- To employ infinite but sporadic renewable energies in a stable manner, the conversion and storage of surplus renewable energy in a molecular form is desirable. In this context, hydrogen is the most suitable energy carrier.
- By simultaneously solving the Trilemma of Energy-Environment- Growth, the development of clean hydrogen energy is needed, which facilitates low carbon-green growth.
- To advance the achievements of 21C Frontier Program simultaneously with creating new converging technologies related to clean energy, the "Ministry of Science, ICT, and Future Planning" should play a leading role in initiating the national energy project, "high capacity energy storage technologies for next-generation".
- The need for the development of next-generation energy sources to ensure the safe life of the people and to create a national future growth, the development of energy source for new mobile IT devices available for long periods of power energy storage / transport is needed.

- It is needed the R&Ds of new concepts for energy devices, such as the power source of the next generation of mobile ICT devices, wireless sensor networks, health care, and even bio-sensor. And required the development of technology based on the source, such as compact / high density / flexibility to accommodate a variety of size and shape with the device.
- This significant increase has been required for the user's convenience by securing a stable operating time of the device in the next-generation mobile ICT market. For this, there has a limitation of energy density of the secondary battery. In addition, if the level of the current energy obtaining system must be implemented a variety of shapes and having a size corresponding to a next-generation mobile ICT devices, the efficient storage, and the obtained energy utilization technique is needed
- In order to overcome the limitations inherent in the hybrid unit of the energy obtaining and storing, research for thermal efficiency improvement on the solar thermoelectric and piezoelectric energy which are main obtaining means, a secondary battery or a super capacitor which is storing means should be accomplished.

III. Scope and Contents

- Analyses of global demand forecast and energy market associated with hydrogen energy technologies
- Analyses of the status on Korea's hydrogen energy projects and technology development capacity
- ○ Determination of R&D scope relevant to high capacity energy storage utilizing hydrogen as a energy carrier
- Selection of core technologies by evaluating hydrogen energy technology demand
- Methods and strategies of developing fundamental technologies
- Provide national energy vision with three distinct phases of 3, 5, and 10 years.
- The trends for technology development, state-of-the-art, research capability, problems, Technology and Market prospect in the materials and devices for energy harvesting and storage technology
- future prospects of energy tiny storage devices
- The presentation of Typical examples of energy storage device according to markets requirements (Mobile devices, IoT devices, USN, etc.)
- proposed the solution for the difficult problems through the research & development

- provide the important investment field and its roadmap

IV. Results & Discussions

- Renewable hydrogen production and high capacity energy storage utilizing renewable hydrogen could offer a potential solution to mitigate climate change as well as to secure national energy agenda for the future generation.
- US and Europe have demonstrated the feasibility of hydrogen-based energy storage connecting with renewable energy, whereas hydrogen is not significantly recognized as a large scale energy storage medium in Korea.
- Our nation, as a energy-deficient country, is relying 96% on import, but at the same time, we are ranked 10th in the world for energy consumption. Therefore, domestic technology development that can introduce hydrogen energy for the energy independence is imperative.
- 21C Frontier Hydrogen Project supported by the Ministry of Science, ICT and Future Planning was terminated in 2013, and through this project, the domestic technology level for hydrogen energy has proved to grow drastically and has reached 75% of that in advanced countries in 2012.
- It is thus necessary to advance the basic and core technologies established by the 21C Frontier Hydrogen Project, and we further need to initiate hydrogen energy convergence technologies for next-generations.
- The four core technologies, “Electrolysis for renewable electricity conversion into hydrogen,” “Advanced Photoelectrochemical Hydrogen Storage,” “Advanced Chemical Hydrogen Storage,” and “Advanced Physical Hydrogen Storage” have been selected as the priority projects, based on environment analysis, demand status, excellence, distinctiveness and the level of urgency.
- Creation of new market in the field of IT device with various form-factor is expecting to contribute to the growth of the service sector, such as related S/W and its contents as well as the manufacturing sector .
- As one of mobile energy source, we expect to be the primary source of energy with the environment temperature differences and the body temperature difference is a high efficiency flexible thermoelectric device using nanotechnology
- Property characterization of piezoelectric energy devices will be contributed to activate the convergency research because it is required the professional knowledge

- The secondary battery is expected to be developed as this convergence technology, through the research such as the original source material technologies as well as development synthesis, including basic research and the surface modification and development of battery system.

V. Conclusions

- To achieve the innovative technology-driven "renewable energy-hydrogen- energy storage" system, we have extracted 4 core technologies with 14 sub-technologies among a number of relevant technologies on the basis of numerous analyses including demand status, excellence, distinctiveness and the level of urgency.

Core Technology	Sub-technology
Electrolysis for renewable electricity conversion into hydrogen	<ul style="list-style-type: none"> - Alkaline electrolysis for renewable electricity into hydrogen - PEM electrolysis for renewable electricity into hydrogen - Hybrid electrolysis
Advanced Photoelectrochemical Hydrogen Storage	<ul style="list-style-type: none"> - Solar-PEC hydrogen production - Solar cell-PEC hydrogen production - Photo-Enzymatic PEC hydrogen production - Photocatalytic conversion of carbon dioxide into chemical fuels
Advanced Chemical Hydrogen Storage	<ul style="list-style-type: none"> - Carbon dioxide based hydrogen storage - Nitrogen based hydrogen storage - Liquid chemical hydrogen storage
Advanced Physical Hydrogen Storage	<ul style="list-style-type: none"> - Tailor- made "smart alkali nanoparticle" for high capacity hydrogen storage - Alane-based hydrogen storage system - Reversible hydrogen storage technology in the porous nanostructured material - Smart nanoquasicrystalline materials for hydrogen storage

- In order to secure new growth engines for the creation of new markets by securing core technologies of harvesting and storage areas, the RFP for the 10 new challenges projects are derived.

	Projects
1	Next Generation Materials deveopment for sodium secondary battery (Development for Low-cost high-capacity sodium-ion battery cathode materials)
2	Development of next-generation energy harnesting / storage devices and high-efficiency hybrid system integration technology
3	Development of low temperature driven silicon-lithium sulfide solid state rechargeable battery
4	Preparation of sulfur secondary cell-reversible lithium through controlled generation of Polysulfide
5	Design of rechargeable battery for smart textile-based for the wearable smart watch
6	Aqueous electrolyte secondary battery for clean energy storage
7	Development of micro-energy storage system replaced for thin film lithium battery as small power supply
8	Development of self charging system with tiny type for Wireless Sensor Network (WSN)
9	Development of core technology for flexible / strechable high-efficiency solar cell materials and devices
10	Development of high-efficiency solar source technology with based on new materials eco-friendly