

수소경제사회구현을 위한 에너지기술개발전략

이성곤[†], 겐토 모기^{**}, 김종욱, 신성철^{*}

*한국에너지기술연구원 정책연구센터, **The Univ. of Tokyo 혁신기술경영학과

Strategy of Energy Technology Development for Establishing the Hydrogen Economy

SEONGKON LEE[†], GENTO MOGI^{**}, JONGWOOK KIM^{*}, SUNGCHUL SHIN^{*}

**R&D Policy Research Center, Korea Institute of Energy Research
71-2 Jang-dong Yuseong-gu Daejeon 305-340, Korea*

***Associate professor, Department of Technology Management for Innovation(TMI),
School of Engineering, The Univ. of Tokyo, 7-3-1 Hongo Bunkyo-ku Tokyo 113-8656, Japan*

ABSTRACT

The rapid changes of energy environment such as high oil price, united nations framework convention on climate change, and the hydrogen economy have been happening to provide national energy security in the 21st century, we need to build strategic approach for coping with energy environment. From a long-term viewpoint of energy technology development, it's time to develop energy technology with selection and specification. In this study, we build energy technology roadmap for establishing the hydrogen economy with a long-term strategy. We analyze economic spin-offs and commercial potential for establishing energy technology roadmap of energy technology development for establishing the hydrogen economy.

KEY WORDS : energy technology road map(에너지기술로드맵), energy policy(에너지정책), hydrogen economy(수소경제사회), long-term strategy(장기 전략), SWOT analysis(전략환경분석)

Nomenclature

APU : Aided power unit

DEFC : Direct ethanol fuel cell

ETRM : Energy technology roadmap

GHG : Greenhouse gas

KIER : Korea institute of energy research

PBS : Project basis system

PEMFC : Polymer electrolyte membrane fuel cell

PIAS : Patent information analysis system

SO : Strength, opportunity

SOFC : Solid oxide fuel cell

ST : Strength, threat

[†]Corresponding author : sklee@kier.re.kr

- SWOT : Strength, Weakness, Opportunity, Threat
 TBF : Time based framework
 TOC : Ton of carbon
 TOE : Ton of oil equivalent
 UNFCCC : United nations framework convention on climate change
 WO : Weakness, opportunity
 WT : Weakness, threat

1. 서 론

배럴당 60\$(Dubai유, 2007년 3월 기준)이상 치솟고 있는 고유가, 기후변화협약(UNFCCC) 발효, 환경 친화적인 무공해·무탄소의 미래에너지 확보를 위한 수소경제사회구현 등 에너지기술에 대한 수요 및 공급에 관한 관심이 증가하고 있다. 미국은 2005년 Energy policy Act of 2005를 제정하여 석유자원의 부존량 고갈에 따른 화석연료의 유한성, 지구온난화 등과 같은 에너지문제들을 극복하기 위한 미국 정부의 전략적 에너지기술 개발방안 및 에너지기술개발의 중요성을 언급하였고, 2006년 Advanced Energy Initiative를 미국이 1차 에너지원 중 석유와 천연가스의 해외 의존도를 줄이고 무공해의 청정에너지기술개발을 통해서 국가적 에너지 주도권을 확보할 계획이다. 국제에너지기구(IEA)는 Energy Technology Perspectives 2006을 발표하여 2050년까지 향후 에너지기술개발 시나리오 및 기술개발 대안을 제시하였다.

국가에너지 안보를 확보하기 위하여 에너지기술 개발 전반에 걸쳐 전략적 선택과 집중을 통한 접근이 필요하며, 한정된 에너지자원의 효과적인 배분 및 활용이 필요한 시점이다. 즉, 미래 세계 에너지 수급전망에 대한 분석과 기후변화협약에 따른 경제적 파급효과에 대한 면밀한 검토 및 미래 에너지기술 시장과 기술개발방향을 종합적으로 고려하여 세계 최고 수준의 경쟁력 확보가 가능한 에너지기술 개발에 집중적으로 지원할 필요가 있다. 이를 위하여 국내·외 산업 및 기술 동향 분석과 2015년을 기준으로 한 향후 10년 후의 수요에

기반한 에너지기술의 중점분야의 핵심기술을 도출하고 에너지기술로드맵(ETRM)을 작성하여 전략적 에너지기술 R&D가 필요하다.

본 논문에서는 수소경제사회구현을 위한 에너지기술개발과 관련한 에너지기술 로드맵 작성을 통하여 수소경제사회구현의 원동력이 될 수소에너지기술개발과 관련한 중점분야를 도출하고 이를 달성하기 위한 기술적 대안에 대해 단계별 기술개발의 전략 및 정책대안을 제시하고자 한다. 본 연구에서 제시한 수소경제사회 구현을 위한 에너지기술개발 로드맵을 통하여 급변하는 에너지기술 환경에 능동적으로 대응하고, 전략적 기술개발 및 정책대안을 제시함으로써 자원의 효율적 분배 및 활용과 미래 에너지기술에 대한 기술적 대비가 가능하다.

본 논문의 구성은 제 2장에서 기술로드맵과 관련한 기술로드맵 정의, 범위, 업데이트에 대하여 기술하고, 제 3장은 에너지기술개발을 위한 전략 환경분석(SWOT analysis)을 제시하였다. 제 4장은 ETRM작성을 위한 ETRM추진체계, ETRM 기술분석, 수소경제사회구현 ETRM 중점과제, 작성 사례에 대하여 언급하고, 마지막으로 제 5장은 본 연구의 결론을 기술하였다.

2. 기술로드맵

2.1 기술로드맵 정의

기술로드맵이란 시장요구에 초점을 두고 있는 기술기획 프로세스 방법론 중 하나이다. 시장이나 제품의 요구사항을 충족시키기 위해 필요한 기술적 대안들을 규명, 선택 및 개발할 수 있도록 도와 주며, 미래에 요구되는 성능목표(Performance Target)와 이를 달성하기 위해 필요한 연구개발 활동이나 기술대안을 시간기준(TBF)으로 표현한 것이다. 즉, 미래 상황에 대한 전망을 기반으로 미래 수요를 충족시키기 위해 국가, 산업 또는 기업이 개발해야 할 기술대안이나 전략적 연구 분야를 찾는 데 유용한 기술기획방법론이다. Fig. 1은 기술로드맵 개념도를 나타낸 것이다. 시간기준으로 기술개발의 시작 및 종료 시점과 시장진출 시점을 일

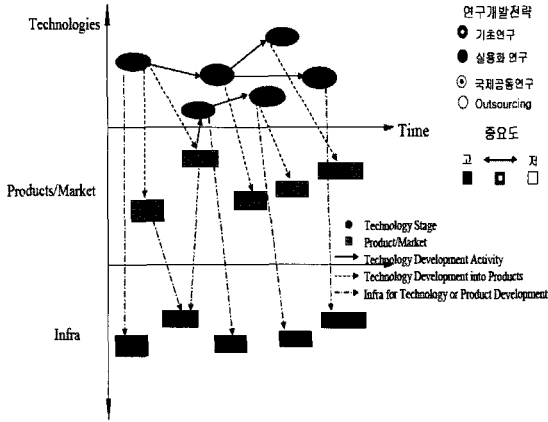


Fig. 1 Schema of technology roadmap

목요연하게 파악할 수 있다.

2.2 기술로드맵 범위 및 업데이트

기술로드맵 수립 시 기술개발기획단계에서 기술의 범위를 설정하여야 한다. Fig. 2는 기술로드맵 Boundary에 대한 것으로 기술개발과 시장분석은 전략수립단계에서 고려하여야 한다.

연구개발 초기단계에서 기술적 수요를 고려함으로써 향후 기술개발 후 기술의 실증 및 상용화가 가능하도록 사전에 연구기획단계에서 반영한다.

에너지기술 수준 및 역량 등을 고려하여 2015년 까지 향후 10년 간의 중장기적 비전과 목표를 설정한 후, 목표 달성을 위한 기본전략을 수립·추진해야한다. 또한 2~4년 주기로 정기적으로 기술로드맵의 보완을 통해서 신기술을 반영하고, 기술로드맵을 통해서 가시적 성과 달성이 가능하다. 즉, 현재의 에너지기술 역량을 바탕으로 기술경쟁력 제고를 고려하여 중장기적 비전을 수립하고, 전략적인 목표, 예상 결과물 및 제품 등은 가능한 정량적인 목표 수치를 제시하여야 한다. 기술지도내의 산업 및 기술전망, 경쟁국 동향, 우리의 기술수준 및 역량은 고정된 것이 아니라 신기술 정립과 기술개발에 따라 항상 변동 가능하므로 주기적인 보완 및 수정작업을 하여야 한다.

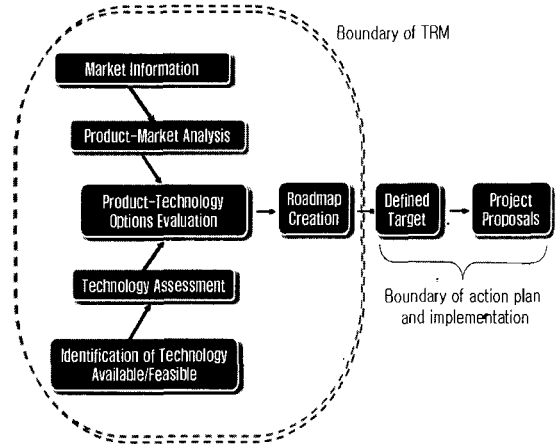


Fig. 2 TRM's boundary

3. 전략환경(SWOT) 분석

3.1 내외부 환경분석

내부적으로 먼저 강점 및 약점 요인을 살펴보면 다음과 같다. 강점요인은 2005년 현재 국가적 에너지 안보, 고유가, 기후변화협약(UNFCCC)의 발효로 인하여 에너지 환경기술에 대한 국제적 수요 및 관심이 증대하고 있다. 2015년경에는 석유를 대체할 Post oil의 역할을 수행할 대체에너지기술 수요의 증대, 수소경제사회구현 가속화 및 기후변화협약 및 교토의정서발효의 효력 발생 등으로 에너지효율 향상기술개발 및 온실가스(GHG)저감 및 처리기술개발에 대한 수요가 급속히 증가 할 것으로 예상된다.

약점요인은 2005년 전세계적으로 R&D분야의 시장이 오픈되고 있으며 나라 간 경쟁이 심화되고 있다. 또한 선진국의 핵심기술선점으로 인하여 국가적 기술독점현상이 발생하고 있다. 2015년경 세계 R&D분야 시장은 국가 간 경쟁이 더욱 더 심화 될 것이며, 공공부문의 기술이 민간부문으로 기술이전 속도가 가속화되고, 기술별 융복합화 현상이 심화 될 것으로 예상된다.

외부적으로 기회 및 위협요인을 살펴보면 다음과 같다, 기회요인은 2005년 에너지기술개발분야의 정부출연(연)으로 다양한 연구 분야 및 풍부한

인적 자원 보유를 통해서 에너지기술개발과 관련하여 국가적 네트워크 형성을 위한 허브역할을 수행할 수 있다. 기존의 연구결과, 보유기술, 풍부한 인적 자원을 연계한 허브구축을 통해서 2015년 에너지기술 분야의 세계적 연구기관으로 도약할 수 있을 것으로 예상된다.

위협요인으로 2005년 정부 출연(연)으로서 정체성의 위협과 연구 예산 조달을 위한 PBS제도, 성과위주의 연구개발관리시스템으로 인해 연구 분야의 전략적 선택과 집중이 부족할 수 있다. 2015년 무한 경쟁의 시대에 진입할 경우 출연(연)의 역할 정립 및 고용불안 현상이 발생할 가능성이 있다.

3.2 대응전략

내외부 환경분석을 통한 대응전략은 다음과 같다. 강점요인은 에너지기술개발 공급자로서 국가 에너지안보를 위해 에너지정책을 강화해야 하고, 에너지기술개발분야의 국제적 경쟁력을 확보해야 한다. 약점요인은 출연(연) 구조조정에 대비해 전문연구사업단과 같은 시스템 구축이 필요하다. 그리고 대형과제기획을 통해 인적자원의 시너지효과 창출이 필요한 시점이다. 기회요인은 에너지자원 고갈로 에너지효율향상기술 및 신재생에너지기술 개발이 중요시 되고, 수소경제사회구현을 위해 수소연료전지기술개발이 강화될 것으로 예상된다. 또한 온실가스저감을 위한 기술개발 역시 중요시 될 것으로 예상된다. 위협요인으로 산업체와 연계한 협동체계 구축을 통한 에너지기술개발을 하여야 하며, 선택과 집중을 통해서 세계적 에너지기술 개발이 필요하다.

SO전략으로 에너지기술개발에 대한 관심이 증가하고 있는 상황에서 국가 에너지안보를 확보하기 위해 에너지정책 및 기술개발의 선두주자로서의 역할을 수행할 수 있는 적기의 시점이다.

ST전략으로 산업체와 연계한 기술의 상용화를 위해 전략적 에너지기술개발 및 정책 제시가 가능하다. 세계적 에너지기술개발 및 확보를 위해 내부 경쟁력을 강화해야 한다.

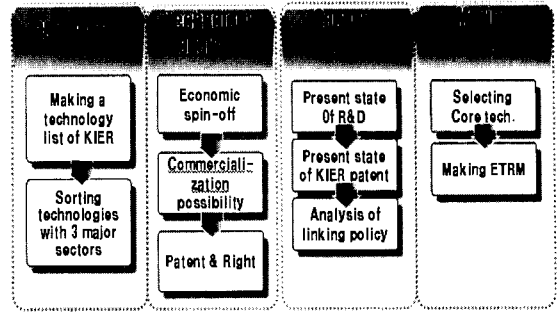


Fig. 3 Execution flow chart of ETRM

WO전략으로 에너지효율향상기술 및 신재생에너지기술개발관련 전략적 대형과제 기획을 통해 연구 시너지효과를 창출해야 한다.

WT전략으로 기업체와 연계를 통한 연구개발을 통해 기술의 상용화 및 선택과 집중을 통한 전략적 에너지기술개발을 수행할 시점이다.

4. ETRM

4.1 ETRM 작성 추진체계

ETRM 작성 추진체계는 R&D부문 선정, 기술 분석, 내부역량분석, ETRM 작성의 4단계로 구분한다. Fig. 3은 ETRM 작성 추진체계를 도식한 것이다.

1단계는 KIER의 해당 분야 전문가들이 참여하여 기술적 파급효과와 특허분석을 수행한다. 특허 분석은 특허청의 PIAS 특허분석프로그램을 이용하여 국내외 기술 현황을 조사하였으며, 상기 특허 분석을 통해 기술의 성숙도와 핵심 기술의 권리 여부를 파악한다.

2단계는 중점 분야의 기술분석을 통해 도출된 기반 및 핵심기술에 대해 구체적인 기술지도를 작성한다.

3단계는 내부역량 분석을 통해서 연구개발 현황 분석, KIER 특허 현황분석, 에너지정책과의 연계성 분석을 수행한다.

4단계는 ETRM 작성 단계로 중점연구 영역을 선정하고 ETRM을 작성한다.

4.2 ETRM 기술분석

에너지기술별 기술개발에 따른 경제적 파급효과(Economical spin-off), 상용화 가능성(Possibility of commercialization) 및 기술의 특허 분석(Patent analysis)을 통해 수소에너지기술부문의 중점분야를 설정하여 핵심기술 연구개발을 위한 기술 로드맵을 제시한다.

에너지기술 로드맵 작성은 1단계와 2단계로 나누어 추진하고 주요 내용은 다음과 같다.

1단계에서는 에너지기술 로드맵을 작성할 중점 기술 도출 단계로서 10년 후의 국가발전 비전과 에너지 안보를 달성하기 위해 갖추어야 할 경쟁력 확보를 위해 기술의 경제적 파급효과 및 상용화 가능성을 검토하여 핵심기술을 도출한다. Fig. 4는 기술분석, 경제적 파급효과 및 상용화가능성을 분석한 기술지표 현황을 나타낸 것이다.

I과 II영역 내의 기술은 핵심기술로 구분하고 II영역과 III 영역 사이의 기술은 기반기술로 구분하였다.

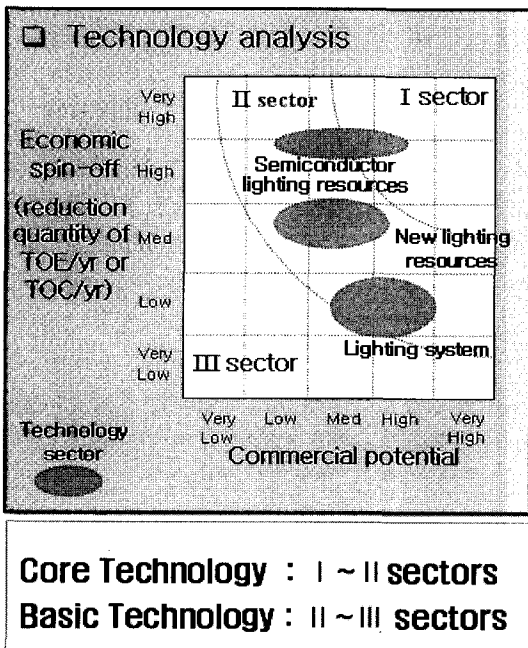


Fig. 4 Present status of technology index

Table 1 Technological scale of economic spin-off

Section	Very low	Low	Med	High	Very high
Reduction quantity of TOE/y	less than 10,000	10,000~50,000	50,000~1M	1~2M	greater than 2M
Reduction quantity of CO ₂ /y	less than 10,000	10,000~50,000	50,000~1M	1~5M	Greater than 5M

Table 1은 경제적 파급효과의 기술척도를 나타낸 것이다.

경제적 파급효과를 에너지절감량(Reduction quantity of TOE) 및 이산화탄소절감량(Reduction quantity of TOC)로 산출하였으며, 매우 높음, 높음, 보통, 낮음, 매우 낮음의 5단계로 구분하였다. 경제적 파급효과의 '매우 높음'은 에너지절감량이 200만 TOE/년 이상인 에너지기술이며, '높음'은 100~200만 TOE/년의 에너지절감효과를 가지는 에너지기술이다. '보통'은 에너지절감량이 5만~100만 TOE/년에 해당하는 에너지기술이다. '낮음'은 에너지절감량이 1만~5만 TOE/년에 해당하는 에너지기술이다. '매우 낮음'은 에너지절감량이 1만 TOE/년 이하에 해당하는 에너지기술이다.

Table 2는 상용화가능성의 기술척도를 나타낸 것이다.

상용화가능성은 매우 높음, 높음, 보통, 낮음, 매우 낮음의 5단계로 구분하였다. '매우 높음'은 기술확산 단계로서 핵심 특허 보유, 에너지기술 상용

Table 2 Technological scale of commercial potential

Section	Contents
Very high	Technology spread Phase : acquiring core patents & commercialization & spread in 3 yrs
High	Commercialization Phase : acquiring core patents & commercialization in 3 ~ 5 years
Medium	Phase of acquiring core patents & commercialization based on market & technology maturity
Low	Technology development Phase : Need for developing component technology without commercialization
Very low	Technology quickening period Phase : Level of building concepts of new technology

화 및 확산이 3년 이내에 이루어지는 경우이다. '높음'은 상용화 단계로서 핵심 특허 보유 및 에너지기술 상용화가 3~5년 이내에 이루어지는 경우이다. '보통'은 핵심 특허 보유 및 시장과 기술 성숙도에 따른 상용화 초기단계에 해당하는 경우이다. '낮음'은 바로 상용화가 되지 않으나 단위 요소 기술개발이 필요한 단계이다. '매우 낮음'은 신기술개발 태동 단계로서 신기술 개념정립을 하는 단계이다.

또한 에너지기술 역량분석을 위해 해당 핵심 에너지기술에 대한 연구 수행 경험 및 관련 특허 보유 현황을 파악하여 제시하였으며, 연구 추진을 위한 재원 마련 방법으로 국가 정책과의 연계성을 검토하였다.

2단계에서는 1단계에서 도출된 중점분야와 핵심과제 별로 기술목표 달성을 시간좌표를 이용하여 작성하였다. 또한 핵심기술 분야의 미래 비전을 도출하고 이를 달성하기 위한 기술적 대안의 단계별 기술개발 이정표를 제시하였다. 기술 목표달성을 위해 필요한 요소기술들을 기술영역별로 도출하고, 요소 기술별 정량적 목표치를 제시하였다. 나아가 기술이 완료되는 시점에서 성과로 제시 가능한 결과물을 표시하였으며 연구개발의 성격과 중요도 및 개발전략을 제시하였다.

4.3 수소경제사회구현 ETRM 중점과제

수소경제사회구현을 위한 기술 분야를 대분야, 중분야, 소분야의 3대 부문으로 분류하였다.

Fig. 5는 수소경제사회구현을 위한 ETRM의 기술 분류도를 나타낸 것이다. 대분야는 수소경제구현 기술이며, 중분야의 에너지기술은 수소인프라 기술과 연료전지기술의 2가지 기술로 구분하였다. 수소인프라기술의 소분야 기술로는 수소생산기술과 수소분리 및 저장기술의 2가지 기술로 구분하였다. 연료전지기술의 소분야 기술은 PEMFC, DMFC, SOFC의 3가지 기술로 구분하였다.

소분야의 기술 중 중점연구기술로 구분하여 전략적 중점과제를 도출하였다. 중점연구기술로 수

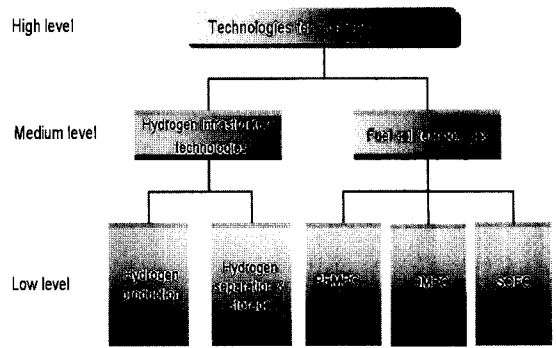


Fig. 5 Technologies for Hydrogen economy

소제조분야의 경우 천연가스 수소제조, 열화학 수소제조, 수전해 수소제조기술에 중점을 두었으며, 수소분리저장 분야의 경우 매체저장기술(고체), 고순도 수소 분리기술에 중점을 두었다. 고분자 연료전지(PEMFC)분야의 경우 휴대용 연료전지, 연료전지 자동차, 가정/상업용 시스템에 중점을 두었으며, 직접메탄올(DMFC) 연료전지분야의 경우 마이크로 연료전지, 노트북용 연료전지, 이동전원용 연료전지기술에 중점을 두었다. 고체산화물연료전지(SOFC)분야의 경우 발전용 연료전지, 가정/APU용 연료전지기술에 중점을 두었다.

4.4 수소경제사회구현 ETRM 작성사례

ETRM 작성 시 개요 및 기술 분석, 예상 성과물, 국내외 특허 분석, 기술 현황 및 기술개발 전략을 고려하여 수소경제사회구현 ETRM을 작성하였다. 작성방법은 첫째 기술개요 및 개발목표, 예상 성과물, 기술분석, 국내외 특허 현황, 기술현황, 기술개발 전략을 기술하고 수소경제사회구현 에너지기술에 대한 총괄 기술로드맵을 작성하였다. 총괄기술지도에는 세부기술별 기술개발 시점과 중점에 대하여 그래프로 작성하고 세부기술별 Product에 대하여 개발일정을 기술하였다. Fig. 6, 7, 8은 수소경제사회구현 에너지기술 중 천연가스 수소제조기술에 대하여 ETRM을 작성한 사례를 도식한 것이다. Fig. 6은 수소제조기술의 기술정의, 기술개발 목표, 예상 성과물, 기술분석 지표

(III-A-Ka-1) Hydrogen from Natural Gas

Technology definition

- Developing high efficiency hydrogen supply system using natural gas infra
- Developing new technology with reducing unit cost of system for promoting commercialization, high efficiency catalytic, and demonstration system of natural gas
- Improving law and regulations via demonstration operation, establishing infra of hydrogen supply with standardization

Aim of technology development

- Reforming system with over 90% of natural gas conversion, and 80% of thermal efficiency (HHV)
- Reforming gas generating fuelcell (CO < 10ppm)
- High purity hydrogen of hydrogen station (99,999% H₂)

Expected products

- Small combined heat and power for dwellings (1~10kW)
- Hydrogen station system producing over 20Nm³/hr H₂



[Combined heat and power generation] [Production system of high purity hydrogen] [H₂ station]

Technology analysis

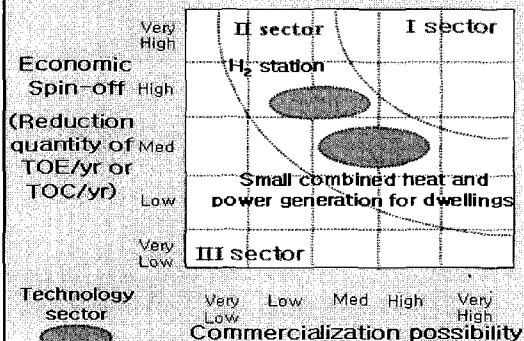
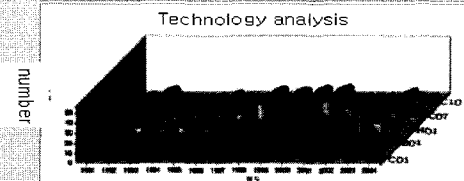
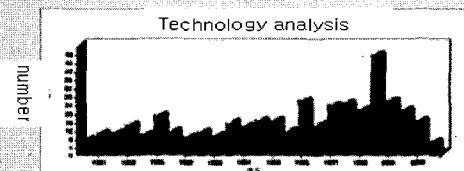


Fig. 6 Technology definition, aim of technology development, expected products, and technology analysis

Patent status



- Natural gas reforming tech.: Matured phase in 2000 since 1980 years
- Hydrogen production tech.: technology quickening period
- Core patent: Hydrogen production catalyst (reforming, water-gas shift reaction, selective oxidation reaction) and crystallization technology for hydrogen separation

Technical status of KIER

KIER'S R&D status

- Developing hydrogen production system from natural gas reforming for residential CHP(1~3kW)
- High purity hydrogen production system of hydrogen station and importing recharging system (20Nm³/hr H₂)
- System development with market penetration and business model via upgrading acquired systems

KIER'S patent status

- High efficient selective oxidation catalyst and reactor
- High purity hydrogen production system for field production type
- Selecting heat recovery structure for reducing production cost

KIER technology development strategy

Policy connection

- Methane hydrate utilization tech of energy and resources technology TRM
- connecting development of compact NG steam reformer for hydrogen station of MOST
- Tech for UNFCCO and hydrogen economy

Development strategy

- After developing core tech with industry, university, and research institute, execute commercialized strategy with company

Fig. 7 Patent status, technical status of KIER, and KIER technology development

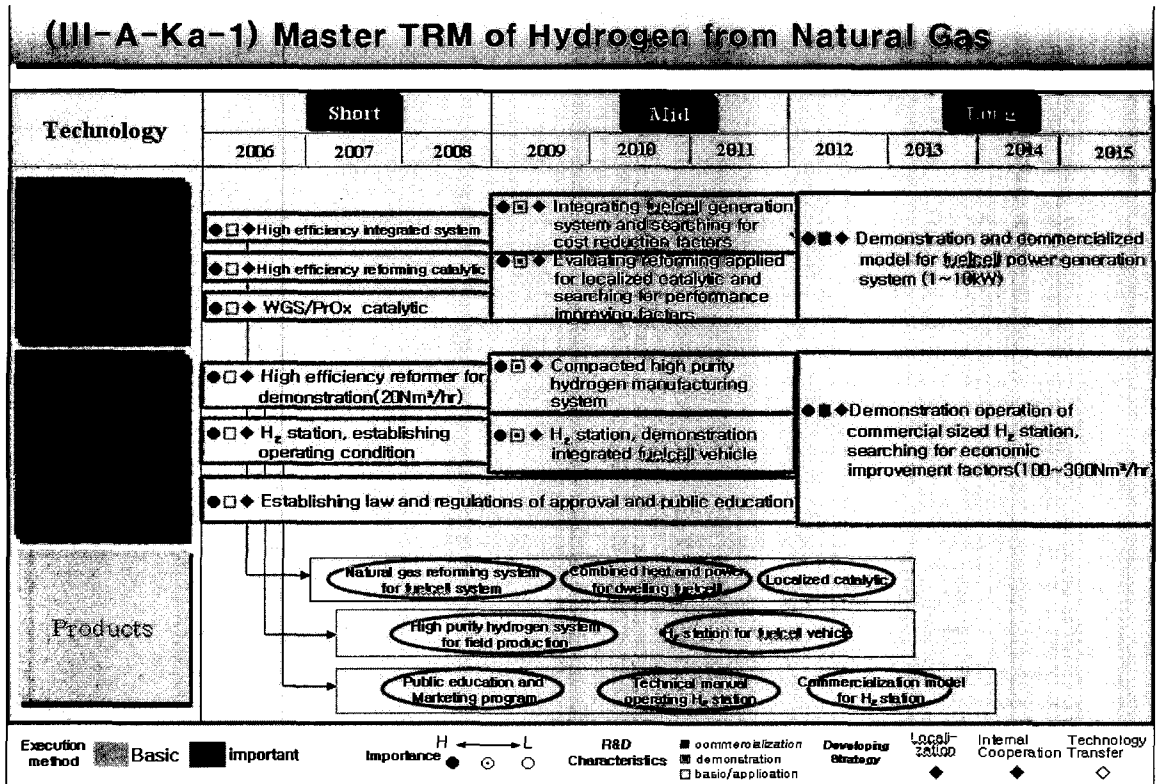


Fig. 8 Master ETRM of hydrogen production from natural gas

제시하였다. Fig. 6의 기술분석항목에서 핵심기술로 수소스테이션과 가정용 소형열병합발전기술을 선정하였다. Fig. 7은 천연가스 수소제조기술의 특허현황, KIER의 기술현황, KIER의 기술개발 전략을 제시하였다. 천연가스 수소제조기술의 특허현황은 다음과 같다. 1980년대 이후 천연가스 합성가스 개질기술관련 특허가 증가하고 2000년대 이후로 기술성숙기에 접어들고 있고 연료전지용 수소제조기술은 태동기에 있다. Fig. 8은 천연가스 수소제조기술의 총괄 ETRM을 도식한 것이다. 천연가스 수소제조기술은 통합형 연료개질시스템기술, 현장 생산형 고순도 수소 생산 시스템기술의 2가지 중점기술로 구분하고 해당기술별 Product를 제시하였다.

통합형 연료개질 시스템기술로부터 연료전지 시스템용 천연가스 개질시스템, 가정용 연료전지 열병합발전 시스템, 국산화 촉매 등을 Product로

개발 할 계획이다. 그리고 현장 생산형 고순도 수소 생산 시스템기술로부터 현장 생산형 고순도 수소 생산 시스템 개발, 연료전지 자동차용 수소 충전소, 대국민 교육 및 홍보 프로그램, 수소 충전소 운영 교범, 수소 충전소 사업화 모델 등을 제품으로 개발할 계획이다.

5. 결 론

본 연구는 최근의 지속되고 있는 고유가현상의 고착화와 기후변화협약의 발효로 인하여 수소경제사회구현을 위해 전략적으로 중장기적 관점에서 수소경제사회구현 에너지기술개발 로드맵을 제시하였다. 수소경제사회구현 에너지기술로드맵은 미래 에너지기술 개발 시 수월성을 가지며 급변하는 에너지 환경에 적극적으로 대응 할 수 있다는 데 큰 의미가 있다. 또한, 이러한 에너지 기술로드

맵 작성을 적기·적시(JIT: Just in Time)에 잘 활용함으로써 우리나라의 에너지 기술개발 자원 투자의 효율성과 연구개발 사업의 성과 극대화를 가져 올 수 있을 것이다.

또한, 수립된 수소경제사회구현 에너지기술로드맵의 기인력, 연구기간 등을 고려하여 정책적으로 우선순위를 계량적 기법을 적용할 경우 모든 기술에 대한 기술개발 우선순위를 정할 수 있으며, 선택과 집중(Well focused R&D)이 가능할 것으로 예상된다.

향후 수소경제사회구현 ETRM의 후속작업으로 는 중장기적 관점에서 수립된 수소경제사회구현 ETRM의 주기적·지속적인 수정 및 보완을 하여야 할 것이다. 이는 특정 시점에서 미래의 수요와 시장을 예측하여 작성된 ETRM이며, 에너지 기술과 같은 모든 기술은 시간의 흐름에 따라 급속하게 변화하기 때문이다. ETRM의 수정 및 보완주기는 2~3년을 주기로 한 지속적 업데이트가 필요하며, 이를 통해 보다 완성도가 높은 ETRM을 작성할 수 있으며, 나아가 국가 경쟁력 제고를 위한 수소경제사회구현 핵심 에너지기술개발의 자원효율성과 성과극대화를 도모 할 수 있을 것이다.

후 기

본 과제는 과학기술부 프론티어 연구사업인 고효율수소에너지제조·저장·이용기술개발사업단의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 1) 김종욱, 이성곤, “세계에너지 자원수급 전망 분석과 대책”, KIER-A52417, 2005, pp. 297-354.
- 2) 이성곤, 김종욱, 윤용진, “에너지자원 수급 전

- 망 분석 및 최적 기술 개발 대안에 관한 연구: 석탄활용기술 중심”, 에너지공학, Vol. 15, No. 3, 2006, pp. 174-180.
- 3) 윤용진, 이성곤, 신성철, 박종호, 신경희, 박정훈, 유호정, “국가 에너지절약·청정에너지기술개발 기본계획 수립 연구”, KIER, 2006, pp. 1-97.
- 4) “국가과학지도”, KISTEP, 2002.
- 5) S. K. Lee, Y. J. Yoon, J. W. Kim, "A study on making a long-term improvement in the national energy efficiency and GHG control plans by the AHP approach", Energy policy, Vol. 35, No. 5, 2007, pp. 2862-2868.
- 6) S. K. Lee, J. W. Kim, Y. J. Yoon, S. P. Kang, "A study on formulating KIER long-term strategic energy technology roadmap coping with upcoming 10-year", The 6th Korea-China Workshop on Clean Energy Technology, Vol. 2, 2006, pp. 1257-1263.
- 7) M. Rinne, "Technology roadmaps: Infrastructure for innovation", Technological forecasting and social Change, Vol. 71, 2004, pp. 67-80.
- 8) M. A. Wolfgang, "The International Technology Roadmap for Semiconductors-Perspectives and challenges for the next 15 years", Current Opinion in Solid State and Materials Science, Vol. 6, 2002, pp. 371-377.
- 9) S. Harrell, T. Seidel, B. Fay, "The national technology roadmap for semiconductors and SEMATECH future directions", Microelectronic engineering, Vol. 30, 1996, pp. 11-15.
- 10) C. H. Willyard, C. McCless, "Motorola's technology roadmap process", Research management, Vol. 30, No. 5, 1997, pp. 13-19.