


21437
공공기관
수소연료전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)

수소에너지사업의 현황과 성과


김종원
단장
수소에너지사업단
E-mail: jwkim@kier.re.kr,
website: http://www.h2.re.kr

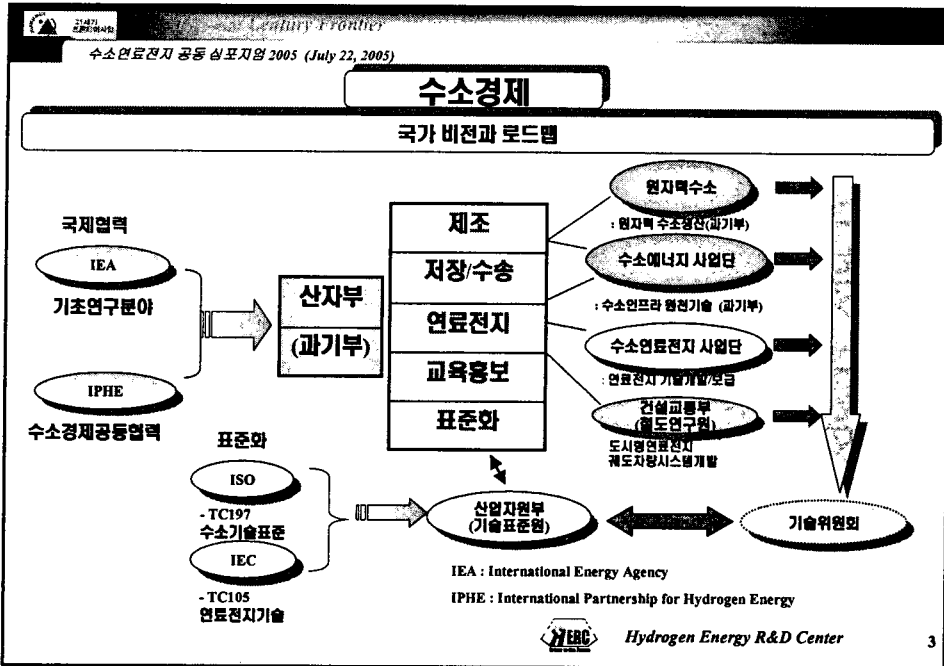
 Hydrogen Energy R&D Center 1

21437
공공기관
수소연료전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)

차 례

I. 과제현황
II. 기술개발목표와 성과

 Hydrogen Energy R&D Center 2



수소연료전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)

사업개요

■ **사업기간**: 2003.10.01 ~ 2013.03.31 (3단계, 9.5년)

■ **사업비**: 총 1114억원 (정부 949억, 민간 165억원)

■ **지원부처**: 과학기술부

■ **사업단 소재지**: 대전광역시 유성구 장동 71-2, 한국에너지기술연구원내 (우) 305-343

■ **사업 목적**: 21세기 수소에너지 경제체제를 위한 기반 기술 확보로 청정 에너지원 공급체계 및 활용에 기여

■ **기대효과**

- > 화학연료 의존도 감소
- > 경제적 효과: 4000억 원 이상 시장 확보 (부대효과 2조원 이상)
- > 기술 수준: 세계 5위권 기술 획득
- > 수소에너지 기반 경제 구축

시장 수요

원천기술 특허

기존기술의 장벽을 넘어설 수 있는 기술

환경성 대체기술과의 경쟁
경제성

경제적/기술적 목표

- ✓ 탐위성/타당성(문제점인식, 기대효과, 극복방안)
- ✓ Patent Map
- ✓ 적기 시장진입 가능성

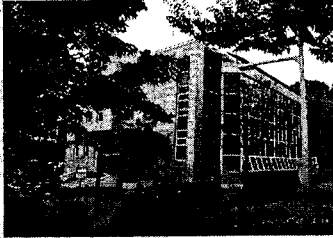
Hydrogen Energy R&D Center 4


21세기
프론티어
수소연료전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)

↓ 1단계 기술개발 내용

(2003-2005)

- 수소에너지 제조 기술
 - 천연가스 이용 수소 스테이션 기술 개발 (화석연료)
 - 생물학적 수소 제조 기술 개발 (재생에너지 이용)
 - 광화학적 수소 제조 기술 개발 (재생에너지 이용)
 - 열화학적 물 분해 수소 제조 기술 개발 (재생에너지/핵열)
 - 수전해 수소 제조 기술 개발 (재생에너지/핵열)
- 수소에너지 저장 기술
 - 고압기체 수소 저장 기술 개발 (단기)
 - 금속 수소화물을 이용한 수소 저장 기술 개발 (장기)
 - 나노 재료를 이용한 수소 저장 기술 개발 (장기)
 - 수소 저장/방출 특성 평가 기술 개발(인프라)
 - 화학 수소화물에 의한 수소 저장/방출 기술 개발(장기)
- 수소에너지 이용 기술
 - 고효율 수소 연소 동력 시스템 기술 개발 (장기)
 - 수소 누출 검지센서 개발 (안전)
 - 수소 안전 관리 기술 개발(안전)




 Hydrogen Energy R&D Center 5

21세기
프론티어
수소연료전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)

↓ 연구 분야 선택과 진도관리

- 경제적 방안- 이산화탄소 분리와 연계
- 장기적인 연구 방향
 - 투자 위험성이 높은 분야
 - 산업체 참여
 - 국제협력
 - 다른 프로그램과의 조화
- 특정 기술로의 집약
 - 가능한 모든 방법의 탐색
 - 적용분야에 맞춘 응용 가능성 검토
- 진도관리를 위한 실제 수치
 - 목표 평가
 - 로드맵 재정비

 Hydrogen Energy R&D Center 6

수소 제조

•중단기적 수요 대처 방안

- 부생수소
- 화석연료 이용

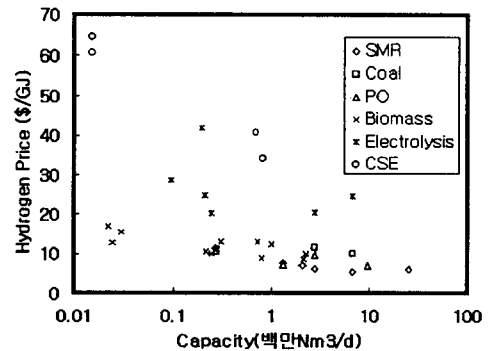
•중장기적 방안

- 물분해기술
- 바이오매스 이용기술



수소의 제조 비용 비교

Hydrogen Production



21세기
미래에너지
Technology Frontier

수소에너지전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)

기술적/경제적 목표

분야		경제적목표(DOE)	기술적목표
화석연료	천연가스 수증기개질	1.5\$/kg [2010] ⁻¹	- 중전 용량 : 4 ~ 6 대의 승용차 연속 충전 - 메탄 전환율 : 85 % 이상 - 수소 순도 : 99.99 % 이상 - 개질기 시스템 효율 : 70 % 이상 ($\Delta H_2/Q_{\text{oxid}}$ LHV 기준)
	물	생물학적 수소	1.6\$/kg [2015] ⁻² 기술개발 및 경제적 타당성 검토 ⁻³
	광화학적 수소	기술개발 및 경제적 타당성 검토 ⁻³	- 태양광 감응성 신규 촉매 설계/합성기술 및 광분해 시스템 요소기술 확립 - 태양광 전환효율 ~ 1% @가시단색광

⁻¹ distributed production from natural gas (delivered at pump, untaxed, no C-sequestration)
⁻² production from biomass at the plant gate
⁻³ develop, verify long term economic feasibility

Hydrogen Energy R&D Center
9

21세기
미래에너지
Technology Frontier

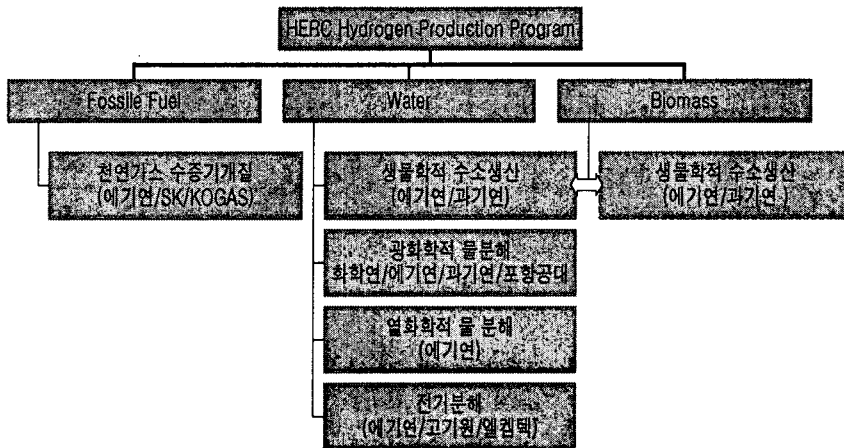
수소에너지전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)

기술적/경제적 목표

분야		경제적목표(DOE)	기술적목표
물	열화학적	3\$/kg ⁻¹	<input type="checkbox"/> 고 안정성/재생성을 갖는 금속산화물의 제조 (10 t-H ₂ /kg□hr, 200사이클 산화/환원능) <input type="checkbox"/> 2-단계 열화학 사이클의 실험적 실증 (20-H ₂ /hr급 실증)
	전기분해	2.85\$/kg ⁻²	- 전해셀 스택제작 기술(2.5kW급, 셀 면적 100cm ² 이상) - 수소제조 유속 30Nm ³ /cm ² hr@950℃, 수증기 전환율 50%.

⁻¹ develop solar-driven, high temperature thermo-chemical production (\$4.0 delivered)
⁻² Grid-connected distributed electrolysis (delivered)

Hydrogen Energy R&D Center
10



★ 수소 저장

◆ 질량당 에너지밀도는 높으나 부피당 에너지밀도는 낮다

-10.7kJ (200K, 1atm)

-120 MJ/kg(LHV) 144MJ/kg(HHV)

◆ 수소저장방법?

◆ 저장밀도의 이론적 한계와 접근 방안?

◆ 효율, 안전, 저가력- 가능한 방법?



Secondary Frontier
수소연료전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)

연료의 질량당 에너지밀도

분자량 증가

연료	수소무게비	상태	질량당 에너지밀도 (MJ/kg)
수소	1	기체	120
메탄	0.25	기체	50(43) ²
에탄	0.2	기체	47.5
프로판	0.18	기체(액체) ¹	48.4
휘발유	0.16	액체	44.4
에탄올	0.13	액체	26.8
메탄올	0.12	액체	19.9

1. 실온에서 기체이나 적정압력에서 액체상태로 저장
2. 큰 값은 순수 메탄, 괄호안의 값은 통상 천연가스

Hydrogen Energy R&D Center
13

Secondary Frontier
수소연료전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)

최대 에너지밀도는 액상에서 얻을 수 있다

분자량 증가

연료	수소무게비	상태	액상에서의 부피당 에너지밀도(MJ/l)	수소부피당 에너지밀도 (MJ/l) (액체상태)
수소	1	기체	8.4-10.4 ³	8.4 - 10.4 ³
메탄	0.25	기체	21 (17.8) ²	12.6 (10.8) ²
에탄	0.2	기체	23.7	12
프로판	0.18	기체(액체) ¹	22.8	10.8
휘발유	0.16	액체	31.1	13.2
에탄올	0.13	액체	21.2	12.3
메탄올	0.12	액체	15.8	11.9

1. 실온에서 기체이나 적정압력에서 액체상태로 저장
2. 큰 값은 순수 메탄, 괄호안의 값은 통상 천연가스
3. 높은 값은 상중점에서의 수소에너지 밀도

Hydrogen Energy R&D Center
14

21st Century Frontier
수소연료전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)

최대 저장밀도 (시스템 제외)

에너지밀도 (MJ/l)

- 고압가스
 - 실온 2.0(244기압) 2.75(340기압)
 - 저온 3.5(150K) 8.4 (20K)
- 액체수소 8.4
- 가역적 수소저장재
 - 탄소 나노구조체 ?
 - 수소화물
 - Intermetallics 10.8 -12.0
 - Alanates 8.25
 - Composite materials ?
- 화학적 방법

	효율	워발유	메탄올
- 액체연료 + 개질기	50%	6.6	5.9
	75%	9.9	8.9
- Off-board 재처리		?	

HERC Hydrogen Energy R&D Center 15

21st Century Frontier
수소연료전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)

기술적/경제적 목표 검토

■ 에너지밀도
(2004년 기술 기준)

■ 현 기술수준

Gravimetric energy density (kWh/kg) vs Volumetric energy density (kWh/l)

() : \$/kWh

2015 (2)

350bar (12) 700bar (16) 2010 (4) LH2 (6) Chemical Hydride (8) Metal Hydride (16)

2005 (6)

2004 Annual DOE Hydrogen Program Review

기초연구 > 공정 개발 > 공장 평가 > 시범 제작 > 상용화 초기 > 상용화 (화학시장) > 상용화 (FC 시장)

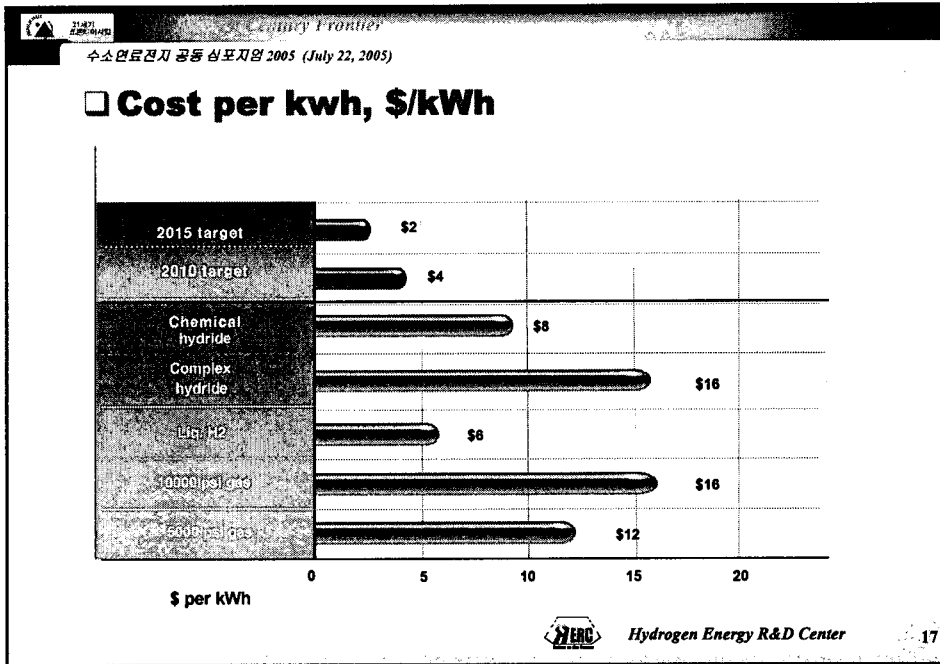
● Complexed MH (Alanates) ● Metal Hydride

● CH (Boron Hydride)

● CNT ● LH2 ● 350 bar ● 700 bar

* Potential for Hydrogen as a Fuel for Transport in the Long Term (EC, 2004)
* National Hydrogen Energy Roadmap (USA, DOE, 2002)

HERC Hydrogen Energy R&D Center 16

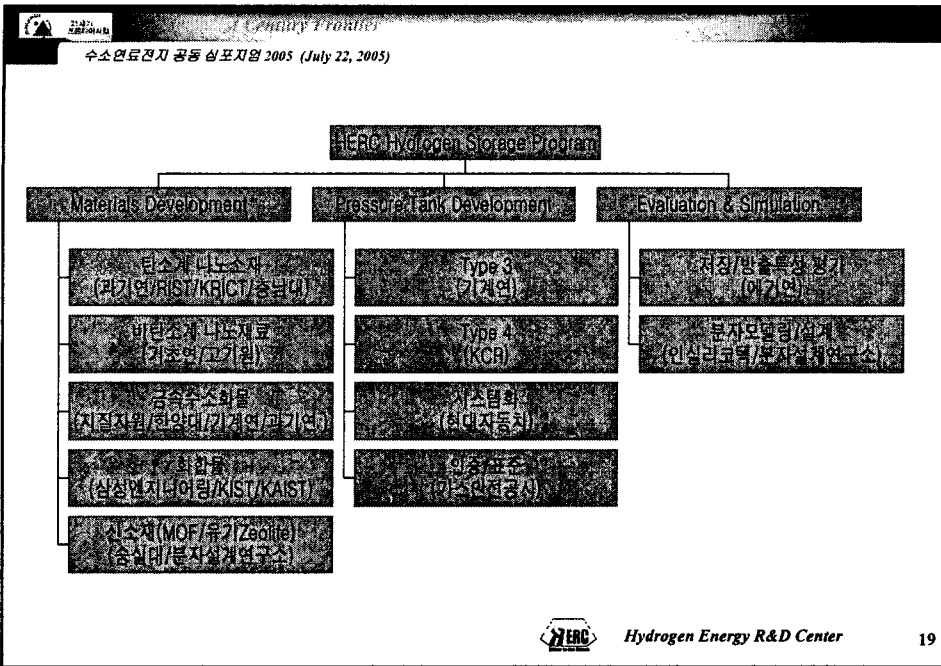



Energy Frontier
수소연료전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)


기술적/경제적 목표

분야	경제적목표(DOE)	비고
수송	<0.9\$/kg (2010)	Delivery from centralized production facilities to refueling stations
	<0.8\$/kg (2010)	Compression, storage and dispensing at refueling stations/stationary facilities
	<1\$/kg (2015)	Delivery from production to users' point (mobile or stationary)
저장	2kWh/kg(6wt%), 1.5kWh/l, \$4/kWh (2010)	On-board hydrogen storage
	3kWh/kg(9wt%), 2.7kWh/l, 2\$/kWh (2015)	On-board hydrogen storage
기술실증	\$400/kWe (2008)	Wind turbine powered electrolyzers(85% eff. 5000psi)
	\$3/gge (untaxed)(2009)	Hydrogen infrastructure with production cost
	\$2.85 /gge(untaxed, plant gate, 2011)	Integrated biomass/wind/geothermal electrolyzer production system
	\$1.5/gge (untaxed) (2015)	Hydrogen production

Hydrogen Energy R&D Center 18





- 21477
수소에너지사업
Century Frontier
수소연료전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)
- ## 소재개발
- 금속수소화물
 - 1.5wt%, 1000cycle (AB2계): KIGAM
 - 4 wt%, 200 cycle (Mg-X -Y계): KIMM
 - 4 wt%, 100 cycle (Mg-Li-H): 한양대
 - 4 wt%, 10 cycle (알칼리금속수소화물):KIST
 - 탄소나노재료
 - 2.5 wt%, 20kg/m³, 상온-200°C, 100기압 (KRICT,RIST,KIST,충남대)
 - 비탄소계 나노재료
 - 3%(무기), 2.5 wt% (MOF)
 - 알칼리용소
 - 5 wt% (40kg/m³), 100w급 시스템 (삼성엔지니어링/KIST/KAIST)
 - 신소재
 - MOF, 실온 20 bar, 4% 이상 (송실대)
 - 유기 zeolite 1.2-6.5 wt% (분자설계)
-  Hydrogen Energy R&D Center 20


 Hydrogen Energy R&D Center
 수소연료전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)

고압저장


- Type 3 Tanks: Ji-Sang Park (KIMM)
 - 복합재 압력용기 설계/해석/시험평가 (350 bar, 광섬유 센서-실시간 모니터링)
- Type 4 Tanks : J.H.Lee (KCR)
 - 350 bar, 4.5wt%, 20kg/m³(시스템포함)
- 시스템화: H.S.Oh (Hyundai Motor)
 - 목표설계사양/차량탑재 및 접목기술
 - 내장형 압력조정기 개발(현대모비스)


 Hydrogen Energy R&D Center 21


 Hydrogen Energy R&D Center
 수소연료전지 공동 심포지엄 2005 (July 22, 2005)

평가/모델링

- 수소저장 방출 특성
 - 측정법 표준화, 연구지원 및 소재 평가: KIER
- 모델링
 - 저장물질 모델링 (소재개발 분야와 연계)
 - 인실리코텍, 분자설계연구소


 Hydrogen Energy R&D Center 22

↓ 다른 프로그램

- 산업자원부 수소연료전지사업단
 - 카본나노튜브, 전복대 남기석 외
 - 액체저장 한국가스공사 외
- NRL
 - Host-Guest반응 이용 수소저장용 나노복합 구조체 연구(전남대, 조성준)
 - 수소생산용 가스냉각로 안전해석 기술 개발(KAIST, 노희전)
 - 태양광 수소 제조를 위한 광촉매 나노다이오드 조립 (포항공대, 이재성)
 - 주체/객체 물질간의 미시/거시적 현상 규명: 미래에너지원 회수 및 저장으로의 응용 (KAIST, 이훈)
- 나노원천기술
 - 가시광 활성 나노하이브리드 광화학 시스템을 통한 수소생산 (포항공대, 최원웅)
- 특징기초
 - 카본나노튜브(C1-xNx) 나노튜브를 이용한 고용량 수소저장매체 개발 (KAIST, 강정구)
 - 혐기성 박테리아의 생체연구를 통한 혐기성 수소발생 반응연구(광주과학기술원, 김인수)



↓ 지금까지의 성과

- 수소생산기술 개발 및 시제품
- 수소저장량- 고압수소 [350기압, 4.5wt%]
- 저장재 설계/합성
- 화학물저장 시연

특허출원

국내	국외
21(등록1)	5

논문 및 학술발표

국내	국외	계
131	41	198

