





2015.10.06.

CNI세미나 2015-101

# 유럽의 수소이용 기술개발과 산업화 활동

- 독일 사례 중심 -



## 제9차 충남미래연구포럼



## 제9차 충남미래연구포럼



### 개 요

- 주 제 : 유럽의 수소이용 기술개발과 산업화 활동 - 독일 사례 중심
- 목 적 : 수소충전인프라 구축을 위한 독일의 사례를 이해하고 충남의 수소충전인프라 구축전략을 모색하고자 함
- 일 시 : 2015. 10. 6.(화), 14:00~
- 장 소 : 충남연구원 2층 세미나실
- 발 제 자 : 최 재 우 교수(포항공과대학교 연구교수)



### 진 행 순 서

시 간		소요 (분)	세부 행사내용	비 고
부터	까지			
14:00	14:05	5'	▶ 인 사 말 씀	· 미래전략연구단장
14:05	14:55	50'	▶ 주 제 발 표 “유럽의 수소이용 기술개발과 산업화 활동”	· 최 재 우 교수 (포항공과대학교)
14:55	15:55	60'	▶ 질의응답 및 자유 토론	· 참 석 자 모 두
15:55	16:00	5'	▶ 정리 및 폐회	· 미래전략연구단장



**발 제.**

**유럽의 수소이용 기술개발과  
산업화 활동  
- 독일 사례 중심 -**

**최재우 교수**  
**포항공과대학교**





충남미래연구포럼  
충남연구원  
2015. 10. 06

## 유럽의 수소이용 기술개발과 산업화 활동 (독일 사례 중심)

2015. 10. 06

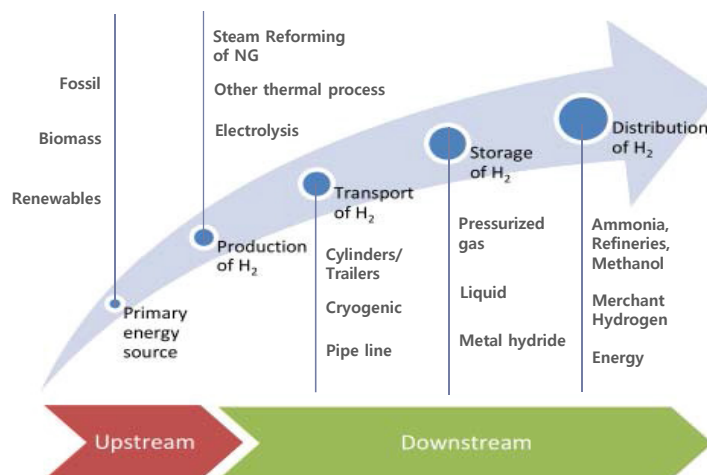
포항공과대학교

최재우

jaeouchoi@postech.ac.kr

▶ 1

## 수소의 가치사슬



▶ 2

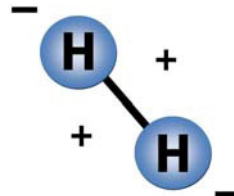
POSTECH IRE INSTITUTE OF NEW AND RENEWABLE ENERGY

## 수소란? 연료전지란?

수소는 미래 수송과 에너지 산업에서 매우 중요한 역할(unique opportunity)을 하게 될 에너지 매개체(energy carrier).

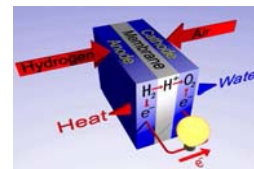
### ◆ 수소는....

- 거의 모든 최종 수요분야에 이르는 넓은 영역과 유연성
- 근접 무공해 (near-zero emission) 에너지 매체 중 하나
- 생산기술에 따라 매우 유연한 수송용 에너지 믹스 제공
- 거의 모든 1차 에너지원으로부터 생산 가능
- 에너지 공급망에서 새로운 연결(link)을 제공
  - Power to gas
  - Power to transport fuel
  - Power to industry feedstock



### ◆ 연료전지는....

- 전기화학적 발전 (고 발전효율 40~60%)
- 전기와 열을 동시 생산 (열병합 발전, 전체 열효율 최대 80%)
- 천연가스나 알코올, LPG, 석탄 가스 등 다양한 연료 사용 가능
- 산화제로는 주로 공기(산소)
- 생성물은 only 물

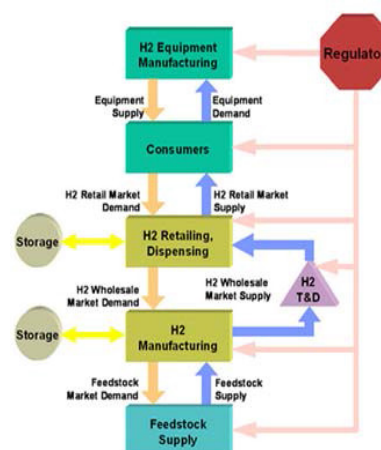


▶ 3

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

## 그렇지만 수소는.....

- 산업체 내부용을 제외하면 생산, 저장, 분배, 공급 등을 위한 인프라가 약하여 (virtually non-exist) 에너지 산업분야의 광범위한 이용은 막대한 투자가 필요.
- 대부분의 수소 전환기술은 아직 고 비용이라서 규모의 경제성을 통하여 상당한 비용저감 노력 필요.
- 최종 수요를 위한 중간 에너지 매체로서는 아직 많은 경쟁기술이 존재하고 그 보다 더 많은 단계의 경제적 변환 단계(economic transformation chain)가 필요.



▶ 4

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

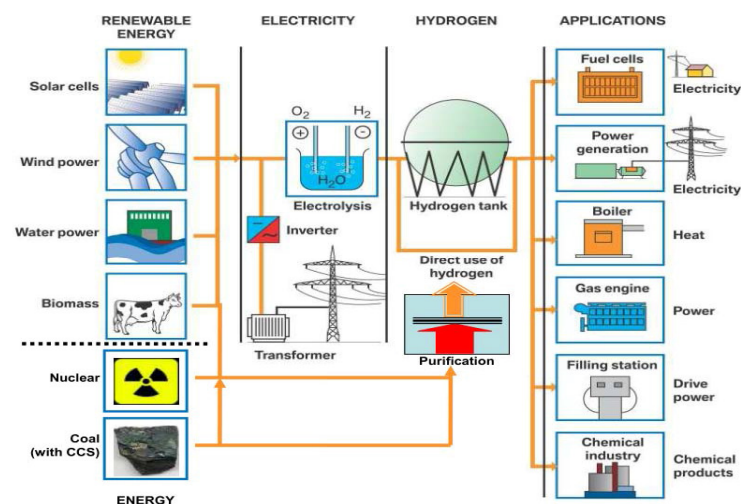
## 과제

- 현재 화공공정, 정유공정, 제철소에서 원료용으로 대량 생산되는 수소를
  - 청정 에너지 산업에 공급할 수 있느냐?
  - 수송과 발전용(열병합)에 투입하는 인프라 확대는 상업적 효과가 있느냐?
  - 새로운 비즈니스 모델을 창출할 수 있느냐?
- 에너지 공급시장의 시스템 운영 및 설비기술에서 유연성 제공 가능?
- 기존의 경쟁기술에 비하여 시장경쟁력을 확보하는 일.
- 주택용으로 저탄소, 친환경 열, 전력을 공급하는 일.
- 분산전원용으로 경쟁력을 확보할 수 있느냐?
- 차량용으로 기존 기술에 비하여 경쟁성이 있느냐?
- 위 모든 분야에서 안전성과 사회 수용성 확보하는 일

▶ 5

POSTECH IRE POSTECH Institute of New and Renewable Energy

## 수소의 생산과 이용

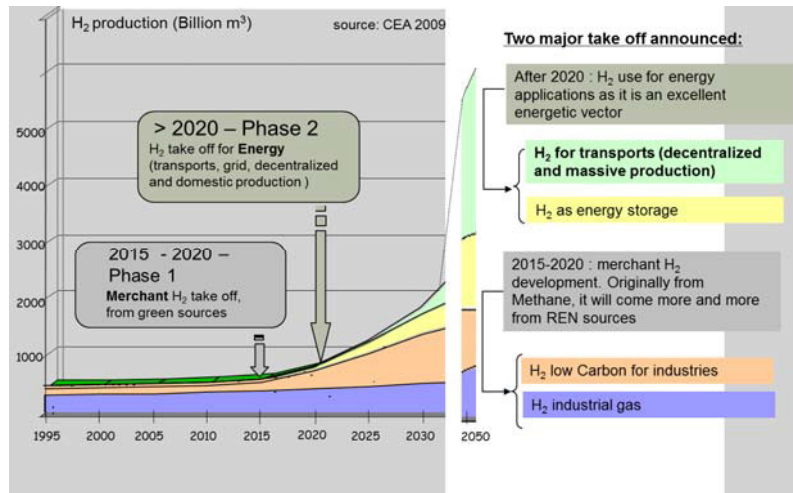


Source: K. Kendall et al, University of Birmingham, 2012

▶ 6

POSTECH IRE POSTECH Institute of New and Renewable Energy

## 전세계의 수소 생산규모

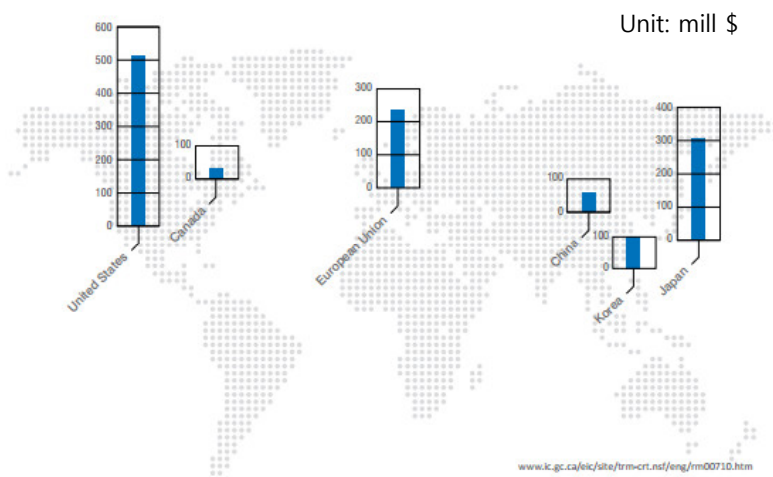


Source: P. Maulberger, Ecosummit 2012, Berlin, 2012

▶ 7

POSTECH IRE Institute of New and Renewable Energy

## 전세계의 수소, 연료전지 기술 투자 – 2010년까지



▶ 8

POSTECH IRE Institute of New and Renewable Energy

## 유럽의 수소, 연료전지 산업

유럽의 수소, 연료전지산업 활동은 EU의 공동사업, The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU)을 중심으로 이루어지고 있다.

FCH JU는 EU의 집행위원회, EC의 Council Regulation에 의하여 2008년 5월에 설립되었으며, 유럽의 유일한 공공, 민간 협력체계 (public private partnership) 이며 기술의 개발과 실증을 통하여 저탄소 에너지 시스템의 시장진입 가속화를 지원하는 것을 그 기본 목적으로 하고 있다.

FCH JU의 3 파트너는....

1. European Commission
2. The New Energy World Industry Grouping (NEW-IG) – represents fuel cell and hydrogen industries
3. Research Grouping (N.ERGHY)– represents the research community



FCH JU의 H2020 계획:

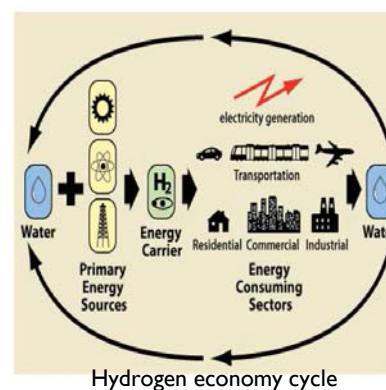
2014년도에 EC는 수소, 연료전지산업 공동기술개발 발안(Joint Technology Initiative), EU Horizon 2020 Framework Program을 승인하고 2014년부터 2020년까지 EC와 민간 산업체, 연구기관이 공동 투자(50:50)하는 총 13.3억 유로의 예산을 책정했다.

▶ 9

POSTECH IRE 한국과학기술연구원

## 유럽 수소이용 기술개발의 목표, 2010-2020

- 수소생산과 저장: 비 과세기준으로 2020년까지 경쟁연료와 동일한 생산단가 (cost/kg)
- 수송분야 이용: 기존의 수송수단과 경쟁이 되는 연료전지 자동차 (FCEV)와 공급 인프라 개발
- 정치형 열, 발전용 이용: 연료전지를 이용하여 경제성이 있는(economically viable) 산업용, 가정용 열병합 발전설비의 실증과 보급
- 기존기술에 경쟁이 되는 초기 시장 개척 (Early Market Applications)
- 산업화를 뒷받침하는 법규, 가이드라인, 표준 개발(RCS, Regulation, Codes & Standards)

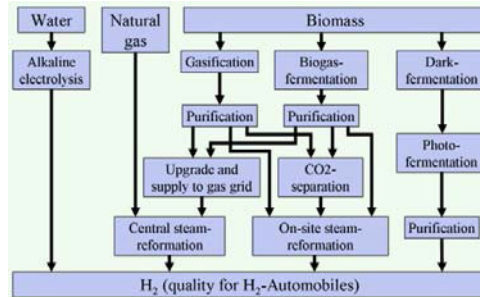


▶ 10

POSTECH IRE 한국과학기술연구원

## Actions / 수소의 생산

- 기술경쟁력, 차별성이 있는 중앙공급 형 100 MW (50 t/d) 규모의 수전해 기술 개발
- 2020년까지 GWh 규모의 4개 지하 저장설비 실증, 100+MWe 규모의 화석연료 개질 설비 실증
- Peak 잉여전력을 이용한 수소생산 기술의 비용 저감과 효율 향상 기술 개발
- 2020년까지 10개의 3 t/d 규모 biomass/biogas-based 수소생산 설비 실증
- 2020년까지 10개의 2 t/d 규모 분산형 수전해 설비 보급 (2015년에 2개 설비 운영)
- 2가지 컨셉트의 수소 생산, 저장 기술 실증 (수전해, 천연가스 개질, CCS를 겸한 석탄가스화 기술)
- 무 탄소(carbon neutral) "Hydrogen Production to Car" 실증 (2015년까지 10개소, 2020년 까지 50개소)



Considered hydrogen production pathways (Source: TU Wien, 2014)

▶ 11

POSTECH IRE Institute of New and Renewable Energy

## Actions / 수소의 수송과 충전

- 연료전지 차량의 지속적인 기술개발 (비용저감, 수명 장기화, 유용성 및 효율 제고)
- 연료전지 차량 부품과 시스템의 대량 생산을 통한 단순화 및 가격저감 촉진 (차량기술과 충전기술)
- 2020년까지 3개의 연료전지 차량 부품조립 자동화 라인 실증, 비용절감 기술 통합
- 유럽 내 건설하고 경쟁력 있는 FCEV 부품공급 supply chain 구조 달성
- 유럽 도시 내 수소충전소 기반시설 건설 (European Smart Cities Initiative)
- EU의 한 회원국 내에 전국적으로 1,000여 개의 수소충전소 건설, 2020년까지 수 천대의 수소자동차 보급 실증 (2015년까지 약 100개의 충전소와 3,000대의 차량 보급)
- EU 내 다른 한 개의 회원국 내에 2015년부터 2018년까지 100여 개의 수소충전소 건설, 운영 실증
- 위 두 실증 프로젝트는 2020년까지 유럽 광역 수소충전 망 구축의 기반이 됨. (전체 6-7개 회원국)
- 2020년까지 약 100개의 보조동력원 (Auxiliary Power Unit, APU) 보급 (2015년까지 10개의 실증설비)
- 위와 동일한 규모의 해양용 설비 실증



▶ 12

POSTECH IRE Institute of New and Renewable Energy

## Actions / 정치형 연료전지 시스템

- 소형 열병합 연료전지 시스템 (micro-Combined Heat and Power systems, m-CHP)기술의 연구개발 계속 (가격 저하, 수명 장기화, 유용성 및 효율 제고)
- 2015년 까지 가정용 1,000여 개의 m-CHP를 유럽 내 20여 도시에 보급 (2020년까지 50,000여 개 보급)
- 산업용 CHP 기술의 연구개발 계속 (가격 저하, 수명 장기화, 유용성 및 효율 제고)
- 2015년까지 수소와 천연가스, 바이오 가스에 기반한 20여 개의 산업용 CHP 설비 보급 (2020년 까지 200여 개의 세계 최초 상업용 시스템 (first-of-a-kind commercial systems) 보급

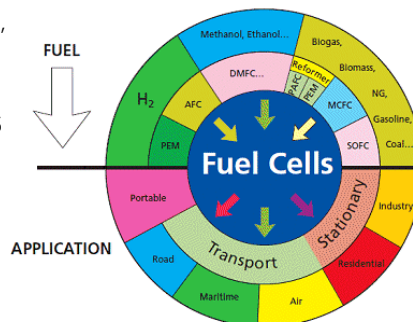


▶ 13

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

## Actions / 초기 시장

- 현재 경쟁기술의 가격수준을 달성할 수 있는 연료전지 시스템의 기술개발 수행. (diesel generators, diesel engines, batteries)
- 하기 규모의 설비보급을 목표로 하는 대규모 초기시장 실증
  - **자재 수송용 차량:** 2015년까지 5,000대, 2020년까지 20,000대, 전 유럽에 250-500개의 기지
  - **정전보완 설비 (Back-up power):** 2015년까지 9,000개 설비 실증, 2020년까지 20,000개 설비 운영
  - **마이크로 휴대용 시스템:** 2015년까지 10,000개의 시스템, 2020년까지 250,000개의 시스템 사용 실증



▶ 14

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

## Actions / 법규, 코드, 표준 및 사회 수용성

(RCS, Pre-Normative Research (PNR) and Social Acceptance)-----

- 산업계가 선도하는 RCS (Regulation, Code and Standards) 전략 조정기능의 수행 (수요가의 요구, 국제표준에 부합)
- 효율적인 법적 기본 틀의 구성을 위한 지원
- 표준 전 연구의 필요성에 대응하는 활동과 표준 적용 후의 효율적인 feed back 활동
- 수소와 연료전지 기술의 홍보, 교육, 초기보급 및 사회적 수용성을 제고하기 위한 활동

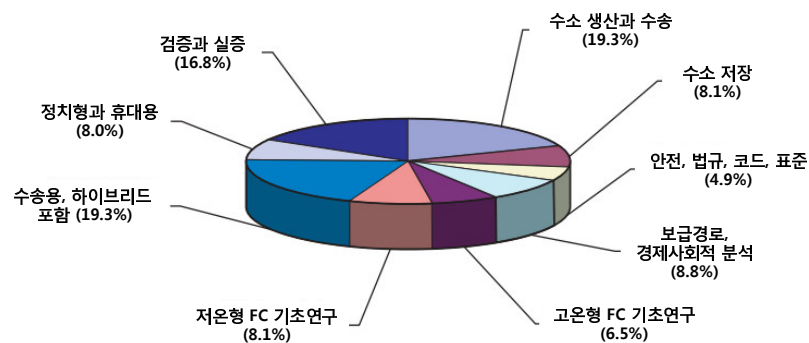


▶ 15

POSTECH IRE

## 유럽의 수소, 연료전지 기술개발 분야별 예산 (2002 - 2006)

Source: EC, European Hydrogen and Fuel Cell Projects, 2002 - 2006



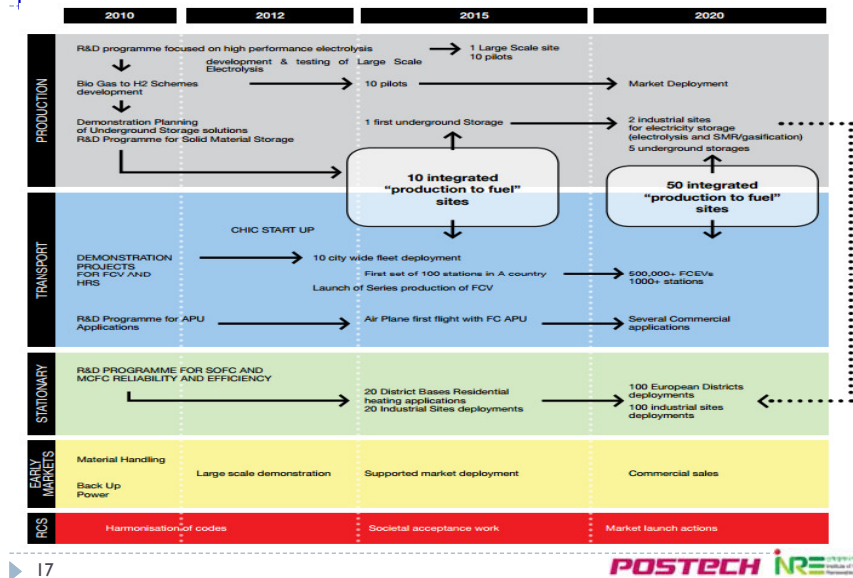
>>> 설비비용이 많이 드는 분야에 많은 예산

▶ 16

POSTECH IRE

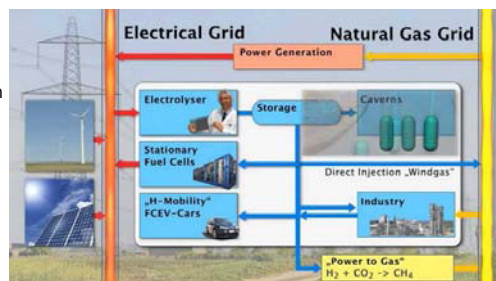


## 기술개발 계획 일람 (Technology Road Map, 2010-2020)



## 수소 산업분야 별 목표

- 간헐적 재생에너지원(풍력, 태양광)을 이용한 수소 누적 생산량 500 MWe 달성 (저장, 중앙공급, 수송용 및 정치형 설비에 이용, 화공원료용, 천연가스 공급라인에 주입) – **Power-to-Gas**
- 바이오 가스, 바이오메스를 이용한 100ton/day규모의 수소 생산
- 재생에너지 및 무 탄소 에너지 (원자력, 천연가스 개질, 탄소분리·저장 기술)을 이용하여 전체 수소생산의 50% 담당
- 50,000대의 연료전지 자동차(FCEVs)와 1,000+ 개소의 수소충전소 보급 (화석 연료 자동차의 전환)
- 전 유럽의 50,000 가정과 500MWe 규모의 산업용 및 상업용 정치형 연료전지설비 보급 (Transformation of European Energy Sector 실현)
- 20,000대의 자재운반용 차량, 20,000개의 정전보완용 전력설비 (Back-up power and UPS), 250,000 개의 휴대용 시스템의 보급으로 경제적이고 경쟁력 있는 초기시장 실현을 위한 실증



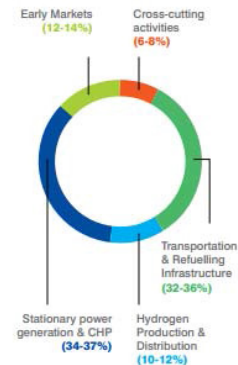
18

POSTECH IRE

## 투자

- EU Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking의 분야별 투자액
- 전체 투자액: 2014 – 2020년 사이 €17.9 billion (약 23.8조 원) – 수소+연료전지
- 전체 투자는 공공과 민간투자자 이루어 지나 투자규모가 클수록, 시장진입에 가까울 수록 민간 대기업의 투자가 큼.
- E&D 및 실증용 투자: 약 €6.4 billion,
- 시장진입 지원용 투자: 약 €11.5 billion

Sector Financial Effort				
	R&D	Demonstration Programmes	Market Introduction Support	Total
Transport & Refueling	500	2 171	9 429	12 100
Production	330	492	984	1 806
Stationary	1 465	135	659	2 259
Early Markets	830	178	409	1417
RCS	150	150	0	300
Total	3 275	3 126	11 481	17 882

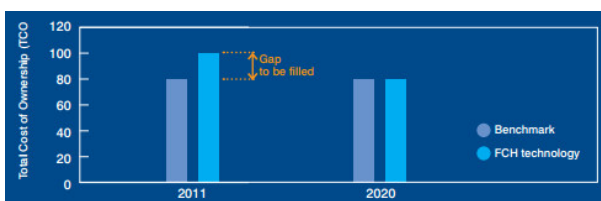


Source: New Energy World Industry Group (2011)

▶ 19

POSTECH IRE 한국과학기술연구원

## 연료전지 시스템 소유비용 (Total Cost of Ownership)



- 총 소유비용에는 설비 구입비와 운영비를 포함 (acquisition cost and the operational costs).

- 연료전지의 용도별로 현존 경쟁 기술을 비교용 기술 (Benchmark technology)로 보고 시장진입 비용을 분석.

- 시장진입 비용은 2014년부터 2020년까지의 시장진입 예측량을 근거로 하여 분석한 것임.

Fuel Cell Hydrogen Technology	'Benchmark' Technology
FCH Vehicles	Internal Combustion Engine Vehicles
Hydrogen Refuelling Stations	Gasoline Refuelling Stations
FCH Auxiliary Power Units	Diesel Auxiliary Power Units
Fuel Cell Systems for combined heat and power generation	Traditional natural gas boilers
FCH forklifts	Diesel forklifts
FCH Back-up power and Uninterruptible Power Supply	Diesel power generators

▶ 20

POSTECH IRE 한국과학기술연구원

## 독일의 수소, 연료전지 산업 활동

독일의 수소, 연료전지 산업활동은 NOW GmbH, A National Organization Hydrogen and Fuel Cell Technology (Nationale Organisation für Wasserstoff und Brennstoff Technologie)에서 주도하고 있다.

**NOW GmbH는...**

- 2008년에 설립된 100% 정부투자 유한책임회사
- Project overheads로 산업체가 운영비 공동 부담
- 감독기관은 4개의 정부부처 (BMVBS (Chair), BMWi, BMBF, BMU)
- 자문단(Advisory board)은 전략적 조정과 활동 프로그램의 개발 담당



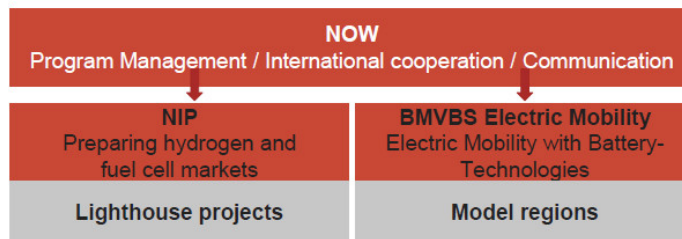
BMVBS:  
Federal Ministry of Transport,  
Building and Urban Development

BMBF:  
Federal Ministry of  
Education and Research

BMWi:  
Federal Ministry of  
Economic Affairs and  
Energy

BMU:  
Federal Ministry of  
Environment

NIP: National  
Innovation Program

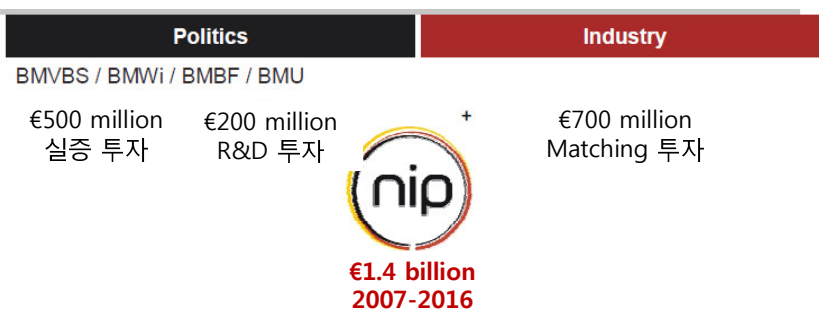


programmes addressing market preparation

▶ 21

POSTECH IRE Institute of New and Renewable Energy

## 수소, 연료전지 시장의 준비 – NIP (1)



- 수소, 연료전지 시장의 준비
- 실용과 시장이 조정하는 수소, 연료전지 기술
- 연속운전 실증을 위한 R&D
- 운송, 정치형 설비 및 특수 시장 수요

▶ 22

POSTECH IRE Institute of New and Renewable Energy

## 수소, 연료전지 시장의 준비 – NIP (2)

### 수송분야: 54%

- H<sub>2</sub> production and infrastructure
- Expanding vehicle fleets and hydrogen infrastructure starting from key regions



### 정지형 설비 분야: 36%

- Micro CHP for residential use
- Industrial gensets for CHP and trigeneration



### 특수설비 분야: 10%

- IT, telecommunications
- Logistics, leisure and tourism markets



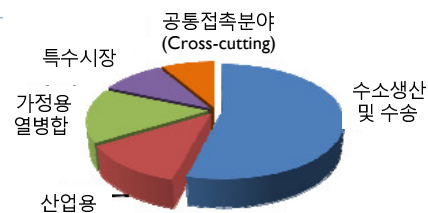
13P 백분율(%)은 국가개발계획에 의한 예산 분배율

▶ 23

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

## 성공적인 R&DD Projects

- R&D와 실증(Demonstration)의 연결
- 다년간에 걸쳐 진행된 프로젝트 (2007-2016)
- 산, 학, 연, 관 협동
- 시장 조정
- 중앙 관리 및 협력 망 구조



programme area	# projects	# partner	funding BMVBS	funding BMWI	NIP total
transportation incl. hydrogen production	112	220	186.159	74.319	260.478
industrial applications	37	70	31.451	26.325	57.776
residential co-generation	26	92	38.888	35.287	74.175
special markets	50	95	38.547	10.209	48.756
cross-cutting issues	28	62	11.528	28.662	40.190
<b>Total</b>	<b>253</b>	<b>539</b>	<b>306.572</b>	<b>174.802</b>	<b>481.374</b>

(예산 단위: 1,000 Euro)

▶ 24

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

## 가정용 정치형 분야

- 목표: 고효율 가정용, 열병합 설비 실용화
- 1 등대 프로젝트: 2008년 9월 시작 Callux Project
- 5 설비산업체, 3 시스템 공급업체, 그 외 기술 및 설치 전문업체
- 예산: 2015년까지 800개 설비에 €800 million
- 7개의 추가 프로젝트: SOFC, LT-PEM, HT-PEM
- 1개의 R&D Project: 탈황기술 표준



Callux, Germany's biggest practical test for fuel cell heating systems for domestic use, is a project launched together with partners from industry and supported by the German Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI). Callux project is coordinated by the Center for Solar Energy and Hydrogen Research (ZSW).

▶ 25



## Callux Project의 목표

### 천연가스를 연료로 하는 가정용 연료전지 난방설비의 초기 보급

- 기술성숙도 실증, 시장성이 있는(Marketable products) 설비를 보급하기 위한 지원과 개선
- 대량 주문을 보장하기 위한 구축력 있는 공급 사슬 구축 (Supply chains)
- 시장제품의 제품성(product profile) 제고
- 공급구조 개선을 위한 지속적인 일
- 시장 참여자 (market partners)의 훈련 지원
- 수요가와 시장의 요구에 대응(Validation)
- 국내 부가가치 창출을 지원



▶ 26



## Hexis fuel cell heating appliance: Galileo 1000 N



### CHP section

Type: Solid oxide fuel cell (SOFC)  
 Output (e/th): 1.0 kWe/2.0 kWth  
 Modulation range: 100-50%  
 Fuel: natural gas, bio-methane  
 Electrical efficiency: (NCV) > 30-35%  
 Total CHP efficiency: > 92%

### Integrated auxiliary heater

Type: condensing appliance  
 Output: 4-20 kW  
 Efficiency: 109% (hN at 40/30 °C)

### Complete system

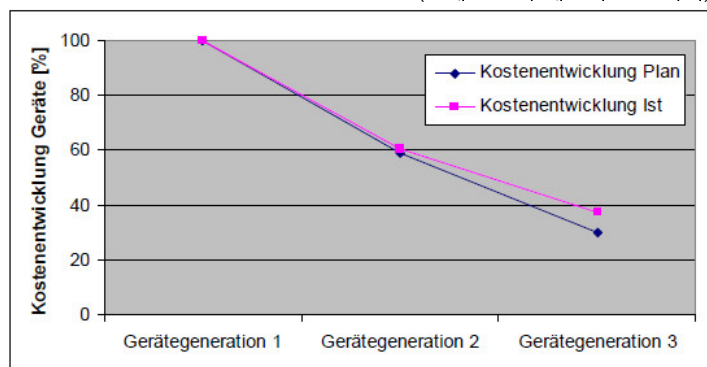
Total efficiency: > 95% (to EN 50465 at 60/40 °C flow /return)  
 Dimensions (mm): 550 long x 550 wide x 1,600 high  
 Weight: approx. 170 kg  
 Housing: coated, fully enclosed  
 Natural gas pressure: 20-25 mbar (EN 437)  
 Electrical connection: 230 V/50 Hz  
 Operating mode: heat-controlled, energy manager-controlled;  
 remote control option

▶ 27

POSTECH IRE POSTECH Institute of New and Renewable Energy

## FC CHP의 설비가격 하락 추이

(전체 공급사 제품의 평균 가격)



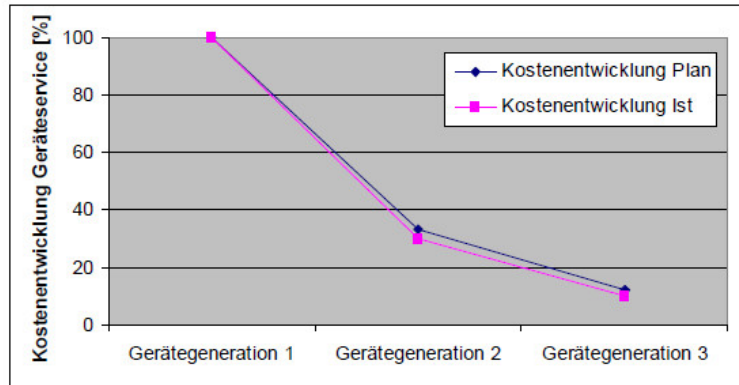
>>> 프로젝트 기간 동안에 설비가격 60% 저감

▶ 28

POSTECH IRE POSTECH Institute of New and Renewable Energy

## A/S 비용 및 예비 부품 공급가격 하락추이

(전체 공급사 제품의 평균 가격)



>>> 프로젝트 기간 동안에 A/S 비용 및 예비 부품 공급 가격 약 90% 저감

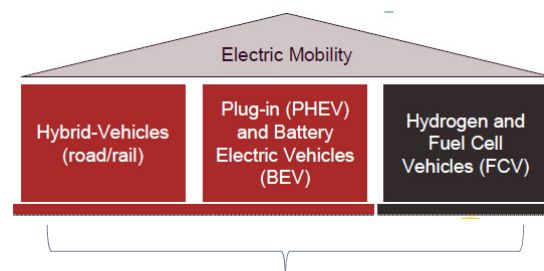
▶ 29

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

## 연료전지 자동차 시장준비, E-Mobility Programs

독일정부의 E-mobility (Electric Mobility) Program은 다음과 같은 3개의 축 (three major pillars)으로 이루어 진다..

- increases efficiency
- has potential for CO2-free mobility



Electrification relies on the key technologies of battery-electric and fuel cells

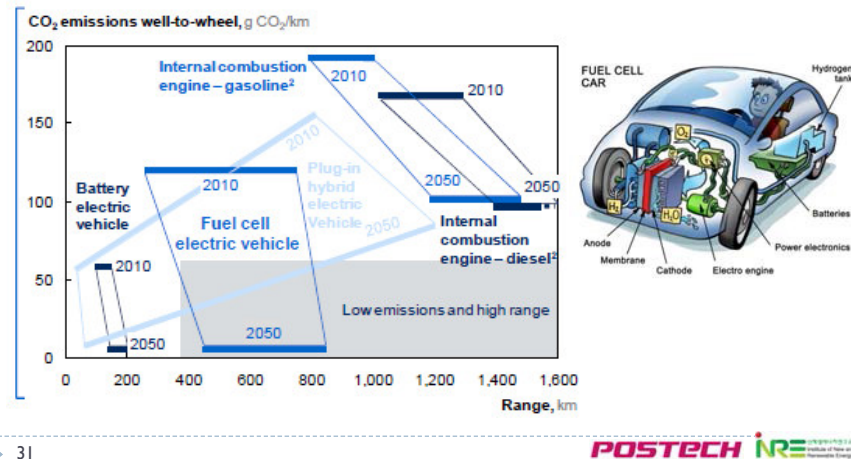
▶ 30

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy



## 연료전지 자동차(FCHs)의 친환경성

재생에너지로부터 수소를 생산하여 연료전지 자동차에 사용하면 수송분야의 CO<sub>2</sub>발생을 획기적으로 저감. (CO<sub>2</sub>-free transportation)



▶ 31

## Clean Energy Partnership (CEP)– FCV Fleet 프로그램

### 2012까지의 성과

- 80 Daimler B-series F-CELL
- 20 Opel Hydrogen4
- 8 Volkswagen Touran, Caddy, Tiguan HyMotion, Audi Q5-HFC
- 5 Toyota FCHV
- 2 Honda FCX Clarity
- Hyundai has recently joined the CEP
- 7 Fuel Cell Busses (Evobus) in Hamburg

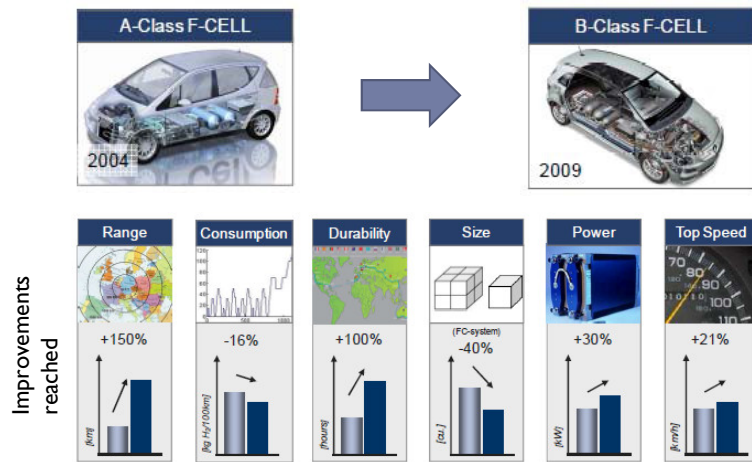


▶ 32

POSTECH IRE



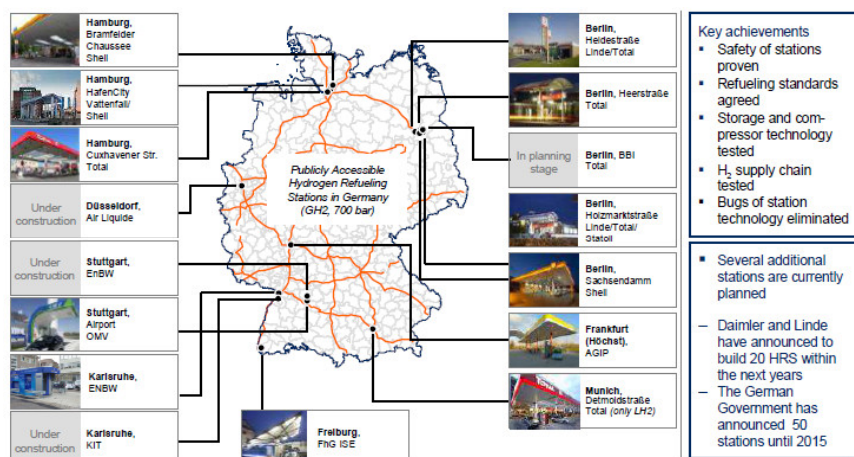
## 연료전지 자동차의 기술진보



33

POSTECH IRE UNIVERSITY OF HYDROGEN AND HYDROGEN ENERGY

## CEP에 의한 수소충전소(HRS) 설비



34

POSTECH IRE UNIVERSITY OF HYDROGEN AND HYDROGEN ENERGY

## 수소충전소의 확대 (전국적 망)

- 2015년까지 50개소, 2017년까지 100~1,000개소, 장기적으로는 전국적 망

- CEP에 의하여 2003년부터 베를린과 함부르크 지역을 시작으로, 2010년부터 NRW 주와 Baden 지역이 참여하였으며, 2011년에는 Hessen, Stuttgart 등으로 확대. (CEP에 의한 투자 전체 40억 유로)
- H2 Mobility (2009년 시작) 프로젝트, 총 14억 유로 투자
- BMVBS (the German Ministry of Transport, Building and Urban Development)와 수개의 민간기업 협약
- NIP 협동
- 시장연계 수소충전소 기술개발과 시험
- 연료전지 자동차의 수요주도 공급 (needs-driven supply)
- NOW GmbH와 CEP의 협동



▶ 35

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

## 독일 NRW주의 수소 하이웨이

위와는 별도로 독일의 NRW(North Rhine Westphalia) 지역을 중심으로 NRW Hydrogen HyWay를 2008년부터 2011년까지 실증 프로그램이 도입되어 10대의 개인차량이 도로 주행을 실시하고, 5대의 소형 트럭으로는 배달업무를 실시하며,



2009년부터는 2대의 마이크로 버스로 정규 공용 서비스를 수행하여 약 25,000km주행하였으며, 약 500회의 충전이 이루어졌다. 또한 2011년부터 4대의 18m 연결버스로 도로주행을 실시하고 있다.

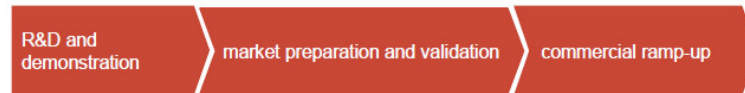
(자료: Energy Region NRW, 2009)

▶ 36

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

## 독일의 수소충전 인프라 발전단계

수익성을 지향하는 상업적 인프라에 도전 !!



<b>When?</b>	▪ Since 2006	▪ For the next 5 - 10 years	▪ Around 2020
<b>Who?</b>	▪ CEP/NIP	▪ H2 Mobility and CEP/NIP	▪ H2 Mobility and free market
<b>Goals</b>	▪ HRS technology up and running ▪ Costs significantly reduced	▪ Proof of HRS, FCEV technology, and H2 supply chain ▪ Customer acceptance of FCEVs ▪ Attractive business case for next phase	▪ Scaled nationwide HRS network to enable FCEV mass take-up ▪ Profitable, high-growth business

▶ 37

POSTECH IRE 한국과학기술연구원 한국과학기술연구원 한국과학기술연구원

## 국제 협력

International Partnership for Hydrogen and Fuel Cell in the Economy (IPHE)



- IPHE는 수소, 연료전지 산업분야의 R&D, 표준화, 인프라 개발을 위한 국제적 협력을 위하여 2003년에 설립
- EC를 비롯한 17개 회원국
- 수소와 연료전지 산업을 미래 에너지 시장에 진입시킬 목적으로 회원국간에 정보와 정책 교환을 위한 포럼 개최
- 수소경제사회의 실현을 위하여 회원국은 장기, 지속적인 기술, 정책, 전략개발, 민간 기업 참여 등을 위한 충분한 역할 수행
- IPHE 전체 회원국의 GDP는 전세계 GDP의 85%, 전력생산 75%, 온실가스 배출 65% 차지

IPHE members: Australia, Brazil, China, European Commission, France, Germany, Iceland, India, Italy, Japan, Republic of Korea, Republic of South Africa, New Zealand, Norway, Russian Federation, United Kingdom, United States

▶ 38

POSTECH IRE 한국과학기술연구원 한국과학기술연구원 한국과학기술연구원

## 국제협력 - Activities and Priorities

### Current IPHE Activities

- Workshop Series
  - Infrastructure
  - Governmental Programs on E-mobility
  - Demonstration
  - Stationary Applications
  - Hydrogen as Large Scale Energy Storage
- Virtual University and Global Student Competition
- HFC Global Commercialization & Development Update
- Working Paper on Global Policy Update

### IPHE Priorities

- Accelerating market penetration and early adoption of hydrogen and fuel cell technologies and their supporting Infrastructure
- Policy and regulatory actions to support widespread deployment
- Raising the profile with policy-makers and public
- Monitoring technology developments

For more information, see <http://www.iphe.net>

▶ 39

POSTECH IRE International Research Center for Hydrogen and Fuel Cell Energy

## 산업용 연료전지 발전설비

### Scalable On-site Power and Utility Grid Support Solutions



**Delivering Ultra-Clean Baseload Distributed Generation Globally**

Source: FCE, 2011

▶ 40

POSTECH IRE International Research Center for Hydrogen and Fuel Cell Energy

## 해양 선박용 설비

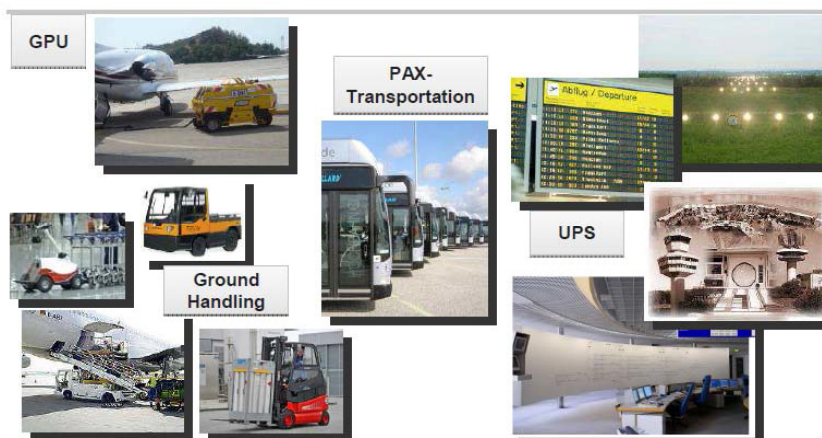
- 목적: 정박과 항구 내 운영 시 공해물질 배출 저감
- 응용: 전력, 난방, 냉동용, 저장 탱크 불활성화 (tank inertization)
- 선박 종류: Ferry, yacht, research und trade vessels, navy vessels
- 사용 연료: Sulfur-free diesel, XTL, H<sub>2</sub>



▶ 41

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

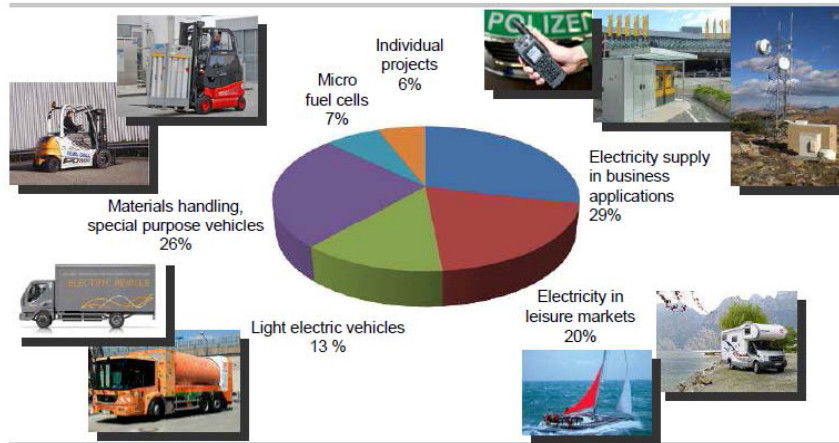
## 공항 보조 전력 공급용



▶ 42

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

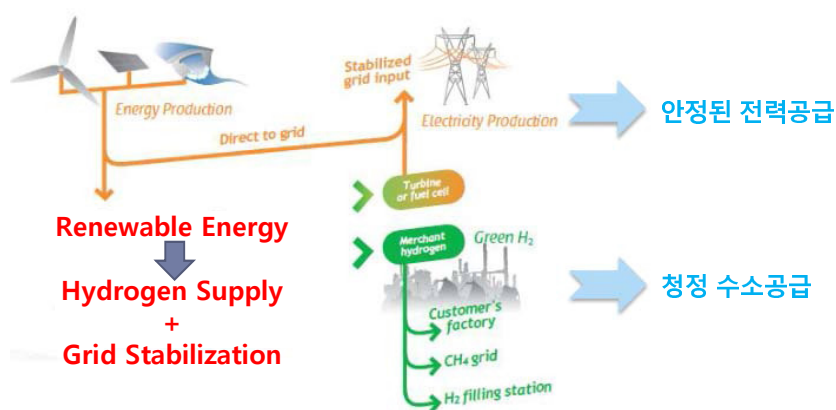
## 기타 특수 용도



▶ 43

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

## 재생에너지로부터 청정수소 공급



Source: McPhy, 2012 (modified)

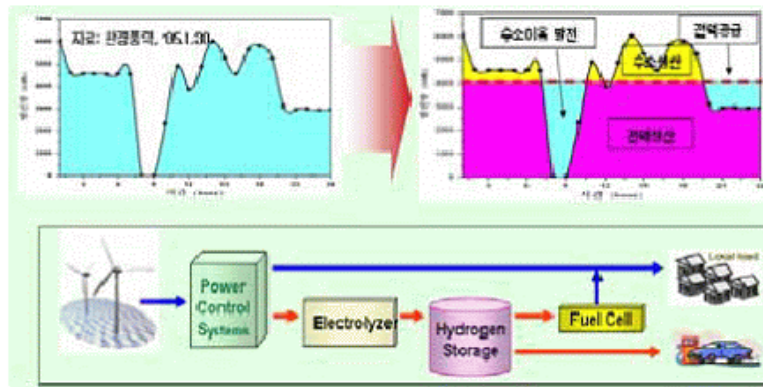
▶ 44

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy



## 수소 저장에 의한 재생에너지 공급 안정화

재생에너지를 이용한 전력의 잉여분 (Pick power)으로 수소를 생산하고 이를 연료로 한 연료전지 발전 전력을 공급하면 전력의 간헐성을 없애고 전력공급망을 안정시킬 수 있다. (Valorization of Renewable Energy)

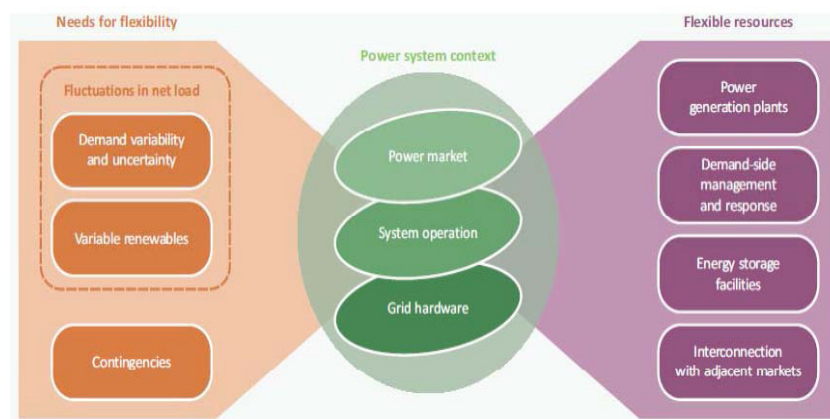


그림출처: 전력생산과 수소경제, 마이더스, 2008

▶ 45

POSTECH IRE Institute of New and Renewable Energy

## 전력 공급망의 안정화 필요성

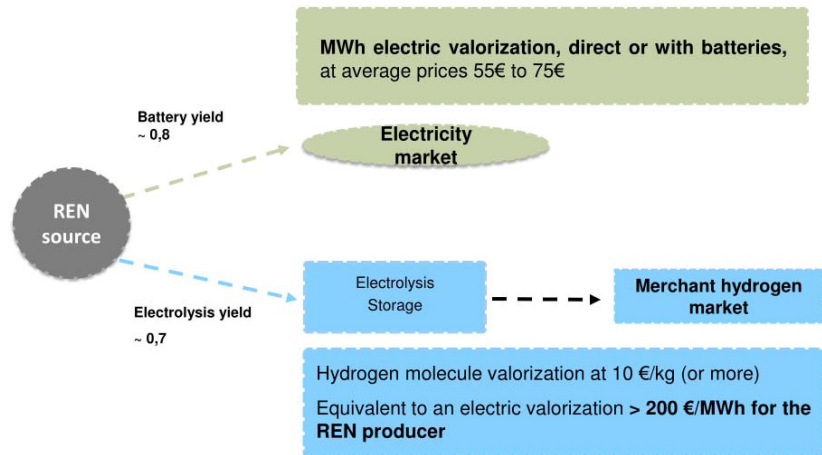


Source: Alex Körner, IEA, 2012

▶ 46

POSTECH IRE Institute of New and Renewable Energy

## 수소 저장에 의한 재생에너지 공급 안정화 (경제성)



Source: P. Maulberger, Ecosummit 2012, Berlin, 2012

47

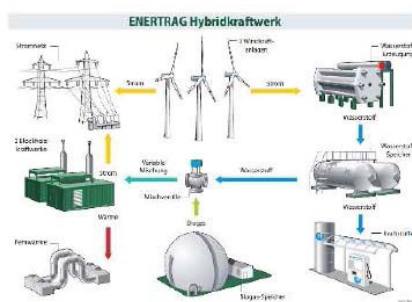
**POSTECH** **INRE** INSTITUTE OF NEW ENERGY RESEARCH

## Wind-Hydrogen for Mobility의 실증

## hydrogen as part of an integrated energy system



renewable hydrogen as fuel



### Enertrag: Hybrid Power Plant



Total: Refueling Station at Heidestr., Berlin  
First delivery of wind-hydrogen on April 18<sup>th</sup>, 2012

48



POSTECH IRE Institute of New Energy Research



## Wind, Biomass에 의한 수소생산 전략



### ● 풍력 발전소 확장에 의한 2020년까지 풍력을 주 수소생산원으로 이용

- MW급의 수전해 설비 핵심기술 실증
- 비용저감과 효율 제고
- 간헐성 해소 >> 전력망 안정화
- 연구와 실증 (NOW)



### ● 2020년까지 Biomass에 의한 수소생산 확대

- 바이오메스 가스화 중점
- 연구와 실증(NOW)

▶ 49

POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

## EU내 수소 스테이션 현황

유럽의 수소공급 인프라(수소충전소)는 현재까지 스칸디나비아, 독일, 영국을 포함하여 주로 북유럽을 중심으로 개발, 보급되고 있다.



▶ 50

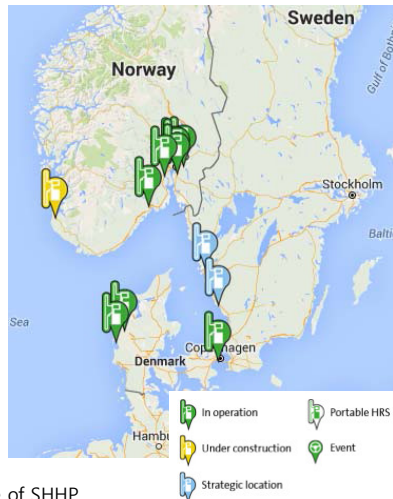
POSTECH IRE 한국과학기술연구원  
Institute of New and Renewable Energy

## Scandinavian Hydrogen Highway Partnership (SHHP)

The Scandinavian Hydrogen Highway Partnership (SHHP) consists of regional clusters involving major and small industries, research institutions, and local, regional and national authorities.

The national networking bodies – HyNor in Norway, Hydrogen Sweden in Sweden and Hydrogen Link in Denmark are acting as SHHP coordinators.

All activities are based on effective collaboration across the borders and are backed with strong public and private support in terms of funding, attractive financial tax exemption schemes and investments



Source: Website of SHHP

▶ 51

POSTECH IRE Institute of New and Renewable Energy

## 노르웨이의 HyNor project

☞ 노르웨이는 수력발전소가 많아서 재생에너지로부터 수소를 생산, 공급할 수 있는 환경이 좋다. (Akershus Energy Park Norway)

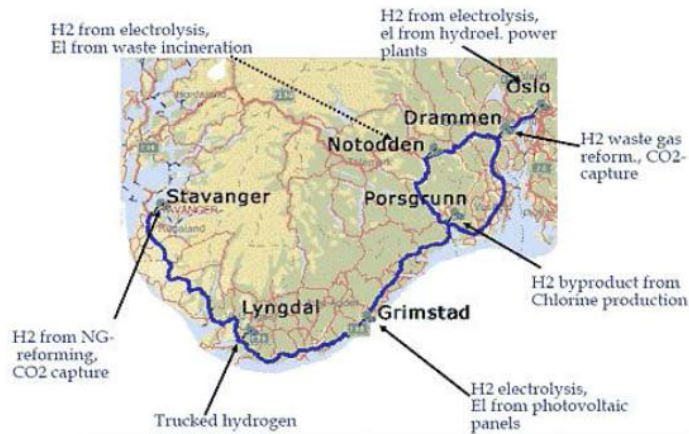
- Phase 1. 2003–2009: HyNor had the aim to demonstrate the technology by enabling hydrogen vehicles to drive and refuel along this road from Stavanger to Oslo;
- Phase 2. 2010–2012: HyNor aimed at an increasing density of refueling stations in the capital region and at a larger fuel cell vehicle fleet;
- Phase 3. 2013–2015: HyNor will prepare the commercialization of fuel cell vehicles in the Norwegian market, in cooperation with other projects in neighboring countries.

▶ 52

POSTECH IRE Institute of New and Renewable Energy

## 노르웨이의 수소생산 Corridor

HyNor project에 의한 노르웨이의 수소생산 Corridor는 Southern Norway, encompassing Oslo, Grenland, Stavanger를 연결하고 있다.



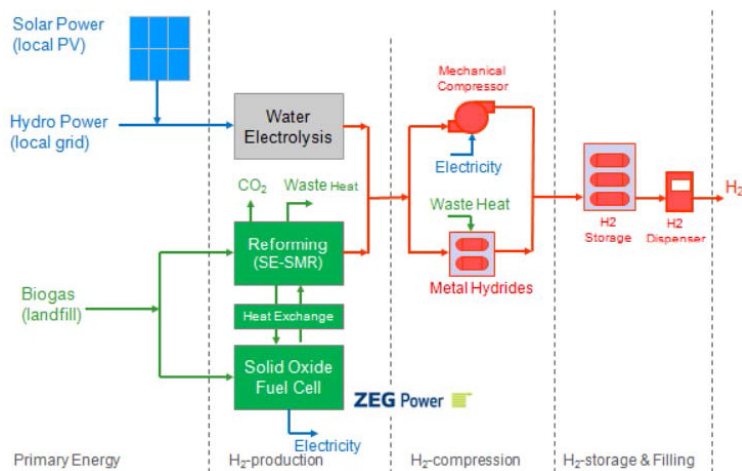
Source: HyNor webpage

53

POSTECH IRE

## HyNor Lillestrøm의 수소공급

Source: Gjerløw, HyNor Lillestrøm



54

POSTECH IRE

## 참고자료

1. Fuel Cell and Hydrogen Technology in Europe  
The New Energy World Industry Grouping (NEW-IG), 2011
2. Hydrogen and Fuel Cell Activities in Germany  
Klaus Bonhoff , NOW GmbH, 6th International Workshop on  
Hydrogen and Fuel Cells, Campinas, Brazil, October 3-5, 2012
3. P. Maulberger, Ecosummit 2012, Berlin, 2012
4. Website of McPhy
5. Website of New Energy World Industry Group
6. Website of Energy Region NRW
7. Website of SHHP
8. Website of HyNor

# MEMO

# MEMO

# MEMO

# MEMO



# MEMO



